



آنالیز رو انکارها و مطالعه روی پرتوهای طیف الکتروشیمیایی مادون قرمز در تجزیه رو انکارها

سیده هدی یوسفیان<sup>۱\*</sup>، آیت محمد رزداری<sup>۲</sup>، حسن کیانی<sup>۳</sup>، ولی محمد رزداری<sup>۴</sup>، امیرحسین شهبابی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا همدان hoda.mchanic@yahoo.com

<sup>۲</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

<sup>۳</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۴</sup>- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، موسسه غیر انتفاعی صنعتی مازندران

<sup>۵</sup>- دانشجوی کارشناسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

روانکاری بیشتر سیستم‌ها از طریق اصطکاک تر انجام می‌گیرد و روغنی که در سیستم‌ها پیوسته در حال گردش است حاوی اطلاعات مهمی از فعل‌وانفعالات درونی سیستم است. آزمایش‌ها مختلفی روی نمونه‌ها انجام شد و از همین طریق می‌توان علل فرسایش را شناسایی کنیم. یکی از این روش‌ها استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز است. بدین منظور وسیله‌ای با بازتاب کلی ضعیف (ATR) طیف مادون قرمز (IR) سلولی با استفاده از یک سیلیکون نیمه‌هادی بور اندود شده به عنوان الکترو نوری شفاف به منظور انجام اندازه‌گیری‌های امپدانس الکتروشیمیایی و اسپکتروسکوپی IR-ATR طراحی شده است. تخریب روغن‌های صنعتی با سطحی نزدیک به سطح غلظت هیدروکربن‌ها، پاک‌کننده‌ها و مواد افزودنی ضد سایش و تشکیل مواد تخریب‌کننده اتفاق می‌افتد و درحالی‌که در دستگاه سلول پلاریزه شده و با استفاده از طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) مورد بررسی قرار می‌گیرد. مواد پاک‌کننده و غلظت عوامل ضد سایش در نزدیکی سطح سیلیکون، بر اساس طیف IR، و مجموع مراحل حجمی و مقاومت انتقال بار، بر اساس طیف امپدانس، همه در حداکثر به مدت ۳۰ ساعت در روغن جریان یافته، و سپس بعد از آن مورد تجزیه قرار می‌گیرد. این داده‌ها با استفاده از ATR سیلیکونی مبتنی بر سلول‌های الکتروشیمیایی به عنوان یک دستگاه بازبینی برای تخریب روان کننده و به عنوان یک ابزار تحلیلی موثر قادر به مطالعه روند سطحی، فعل‌وانفعالات سطح مواد افزودنی و عملکرد از دستگاه‌های طیف‌سنجی الکتروشیمیایی را نشان می‌دهد.

**واژه کلیدی:** اسپکتروسکوپی، پاک‌کننده، رو انکارها، مادون قرمز.

### مقدمه

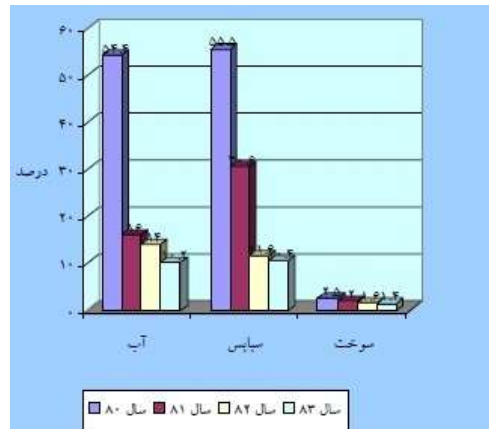
روانکاری اغلب سیستم‌های اصلی ماشین‌آلات عمرانی (موتور، هیدرولیک، گیربکس و انتقال قدرت) از طریق اصطکاک تر (Hydrodynamic Lubrication) انجام می‌گیرد. بنابراین روغنی که پیوسته در حال گردش و تماس با قطعات مختلف داخلی سیستم است حاوی اطلاعات کامل در مورد فعل‌وانفعالات درونی سیستم است و این اطلاعات از طریق آزمایش‌ها مختلفی که روی نمونه‌ها انجام می‌شود قابل دسترسی است. با تحلیل این نتایج می‌توان علل و منشأ فرسایش را شناسایی و نسبت به اصلاح



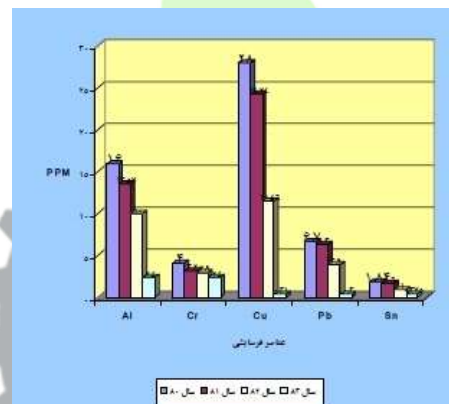
آن اقدام نمود (Raadnui, 1995). استفاده از روش آنالیز روانکارها به عنوان ابزار قدرتمندی در کنترل وضعیت ماشین‌آلات نظر بسیاری از مهندسان و صاحبان صنایع را به خود جلب کرده است بطوری که ارائه خدمات پس از فروش و گارانتی را به نتایج حاصل از آنالیز روغن نموده‌اند. نظر به اینکه طی سال‌های اخیر آزمایشگاه‌های آنالیز روغن نسبتاً مجهزی در داخل کشور ایجاد شده، بکارگیری این روش می‌تواند گام مناسبی در راستای کاهش فرسایش افزایش عمر مفید و کاهش هزینه‌های به‌کارگیری، نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات باشد (بهادری یکتا). هدف اصلی از آنالیز روغن افزایش قابلیت اطمینان و بازدهی ماشین بوده که با اعمال طولانی کردن دوره‌ها، تعویض روغن و ملزومات مصرفی، تعویض قطعات و کاهش زمان خواب ناشی از خرابی و تعمیر، به حداقل رسند. تحقق این امر با انجام آزمایش‌های لازم جهت کنترل روانکار، آلوده‌کننده‌ها و فرسایش اجزاء داخلی سیستم امکان‌پذیر می‌باشد (بهادری یکتا). پرتوهای ضعیف اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز (ATR) در بررسی کمی فعالیت‌های شیمیایی جامدات-سیالات به هم پیوسته، گونه‌های جذب سطحی و غیر سطحی و عکس‌العمل‌های سطحی مکانیزم‌ها و انرژی جنبشی کاربرد دارد (Hind et al., 2001). در مقایسه با دیگر روش‌های هندسی اندازه‌گیری اسپکتروسکوپی (انتقال یا تابش‌های خارجی) اسپکتروسکوپی ATR مزایایی را نسبت به روش‌های موثر کوتاه و بلند دیگر در سیالات دارد. اسپکتروسکوپی اعمال انجام‌شده به روش اسپکتروسکوپی و الکتروشیمیایی را باهم جفت می‌کند و به علاوه حرکت مولکولی در داخل عکس‌العمل‌های الکتروشیمیایی سطح الکتروود ایجاد می‌کند (Anderson and Taylor, 2000).

خاک (سیلیس) پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر موجود در روی پوسته زمین بوده و دارای سختی بالاتر از فولاد است که ذرات بسیار ریز آن به صورت گرد و غبار در هوا پراکنده می‌باشند (Emad and Aly, 2005).

با عنایت به شرایط و موقعیت کار ماشین‌آلات عمرانی (محیط‌های پر گرد و غبار) در صورت طراحی نامناسب یا عدم دقت لازم در ساخت، موتاژ، سرویس و تعمیرات، ذرات سیلیس به داخل قسمت‌های مختلف ماشین‌آلات (موتور، هیدرولیک، انتقال قدرت و غیره نفوذ کرده (شکل شماره ۱) و موجب فرسایش شدید در سطوح اجزاء داخلی سیستم می‌گردد (شکل شماره ۲).



شکل ۱- انباشتگی سیلیس با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر ( بهادری یکتا، ۱۳۸۲).



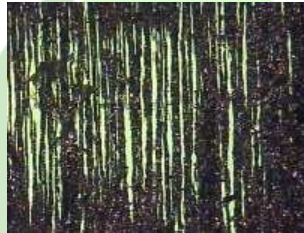
شکل ۲- فرسایش ناشی از نفوذ سیلیس ( بهادری یکتا، ۱۳۸۲).

البته آلودگی آب مخرب کننده‌های جامد بوده و اغلب عامل اولیه ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشین‌آلات است. آب علاوه بر اینکه به طور مستقیم روی اجزاء داخلی ماشین‌آلات اثر گذاشته و موجب فرسایش آن‌ها می‌گردد بلکه بانفوذ به داخل روانکار قادر است بیش از ۸۰ درصد عمر آن را کاهش دهد. آب ممکن است به سه صورت در داخل روانکار مشاهده شود: ۱- به صورت محلول در روغن ۲- به صورت اشباع (امولسیون) ۳- بیشتر از حالت امولسیون ( دو فاز آب آزاد و روغن امولسیون) که بیش‌ترین اثرات فرسایش به دلیل کاهش تراکم‌پذیری آب نسبت به روغن و از بین رفتن فیلم روغن هیدرودینامیک مربوط به این حالت می‌باشد. همچنین به دلیل ایجاد پدیده تردی هیدروژنی در بلبرینگ‌ها بیش‌ترین فرسایش ناشی از آب نیز مربوط به سطوح بلبرینگ‌ها می‌باشد (شکل شماره ۳) (Trevor and.Hunt,1993) .



شکل ۳- فرسایش ناشی از نفوذ آب ( بهادری یکتا، ۱۳۸۲).

آلودگی روغن با سوخت معمولاً در موتورهای احتراق داخلی به دلیل نشتی پمپ انژکتور و یا کنترل ضعیف احتراق اتفاق می‌افتد که موجب افزایش دما و انبساط بیش از حد پیستون در داخل سیلندر شده و منجر به فرسایش رینگ ، پیستون و جداره سیلندر می‌گردد (شکل شماره ۴).



شکل ۴- فرسایش ذرات آهنی با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر (بهادری یکتا، ۱۳۸۲).

آزمایش‌های انجام شده روی نمونه عبارت‌اند از:

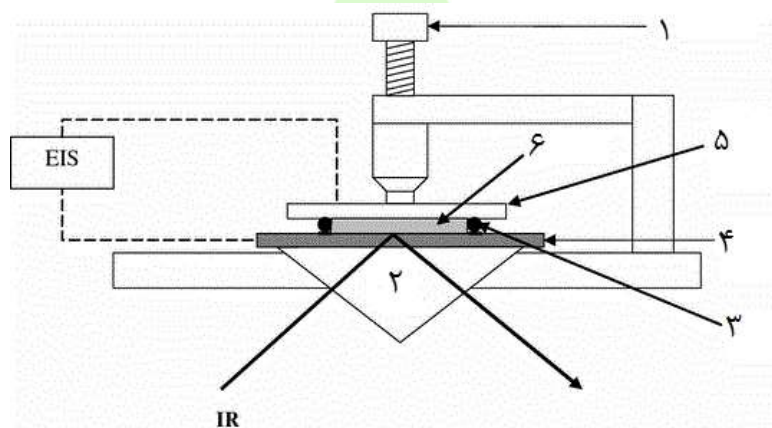
- (۱) آزمایش طیف نگار تابشی (نشر اتمی) با قابلیت ردیابی ۱۹ عنصر
- (۲) آزمایش کمیت سنج ذرات (PQ) با قابلیت شناسایی ذرات آهنی با ابعاد بیش از ۵ میکرون
- (۳) آزمایش نقطه اشتعال
- (۴) آزمایش وجود آب
- (۵) آزمایش گران روی در ۴۰ درجه سانتی‌گراد.

که در این مقاله مطالعه روی پرتوهای طیف الکتروشیمیایی مادون‌قرمز در تجزیه رو انکارها صورت گرفته و توسط این کار میزان تخریب روغن و فرمولاسیون آن را تحت بررسی قرار داده و از خسارات وارده توسط آن ها جلوگیری می‌گردد.



## مواد و روش‌ها

سلول اسپکت الکتروشیمیایی ATR که به وسیله مارتین و موریس (Martin and Morrison, 2001) که یک فیلم الماس رسانا بر روی یک سیلیکون نازک به عنوان الکتروود نوری شفاف استفاده می‌گردد. الکتروود الماس بین یک سلول ATR و الکتروولیت و یک منشور ZnSe قرار گرفت. تماس نوری مناسب بین قطعه نوری نازک سیلیکون و منشور ZnSe برقرار شد به طوری که طیف مادون قرمز می‌تواند در یک رابط مایع-الماس اندازه‌گیری گردد، که این نیازمند یک سلول الکتروشیمیایی با یک فشار یکنواخت روی قطعه نازک سیلیکونی، و فشار دادن آن روی منشور ZnSe است. بهترین تماس وقتی است که فشار بر روی الکتروولیت بالای قطعه نازک سیلیکونی باشد. برای آزمایش انجام شده حاصل، مدلی برای سلول‌های ATR طراحی شد (شکل ۵).

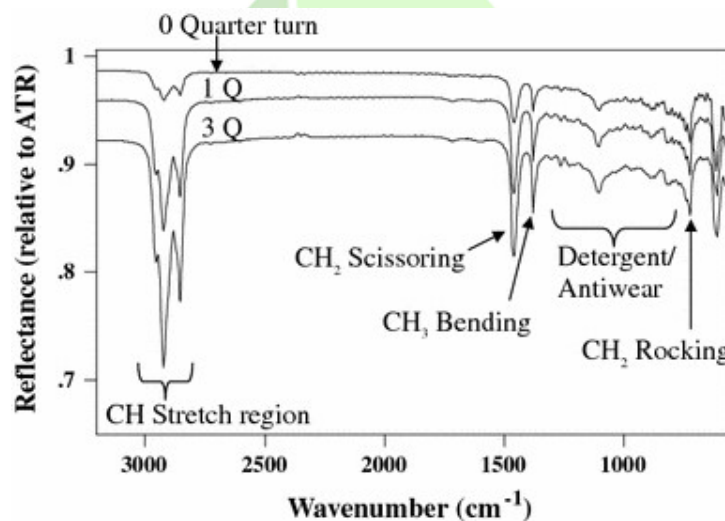


شکل ۵- سلول اسپکت الکتروشیمیایی

سلول اسپکت الکتروشیمیایی وقتی که صفحه فشاری را بر روی اورینگ (۳) و سیال (۶) وارد می‌کند. با استفاده از فشار هیدروستاتیک برای تحت فشار در آوردن سلول از طریق پیچ فشرده ساز (۱) استفاده شد. یک قطعه نازک سیلیکونی بور اندود شده (۴) (با قطر ۱/۷ cm، ۵۰  $\mu\text{m}$  ضخامت، ۴-۱۰  $\Omega\text{cm}$  مقاومت، ۲۰  $\text{\AA}$  اکسید غلیظ، نیمه‌هادی ویرجینیا) به عنوان الکتروود در پایین سلول الکتروشیمیایی قرار گرفته است. حلقه بسته اورینگ که با گریس خالص آب‌بندی شده است، به عنوان دیواره سلولی عمل کرده و یک ورق از فولاد ضد زنگ ۳۱۶ به عنوان پوشش و شماره‌دهنده الکتروودها (۵) و الکتروود مرجع قرار گرفته است. این ترکیب قرارگیری قطعات سلول، مقدار حجم الکتروولیت را به حداقل رسانده و در نتیجه مقاومت در مقابل روغن ورودی از الکتروودها را به کاهش می‌رساند. برای خصوصیت شیمیایی روان‌کننده‌ها، یک سیلیس کلئیدی ضد آب بسیار مقاوم، یک سیستم پراب ۲ الکتروودی نسبت به پراب ۴ الکتروودی استفاده شد. به منظور از بین بردن آثار آن، یک سیستم پراب دو الکتروودی در این مطالعه استفاده شد. قبل از مونتاژ سلول، قطعه نازک سیلیکونی با هگزان و متانول تمیز گردید، و سپس بر روی منشور ZnSe قرار داده شد. حلقه اورینگ در داخل قطعه نازک سیلیکونی جاگذاری شد و به طور کامل با سیال پوشانده شد، و به طور کامل با صفحه فلزی



پوشیده شد. فشار بر روی سلول داخلی به وسیله سفت کردن پیچ انجام می‌شد و همین امر باعث ایجاد یک ارتباط تنگاتنگ سطح سلولی و تماس نوری مناسب بین سطح سیلیکون و منشور ZnSe است. نور مادون قرمز از طریق منشور ZnSe به طور معمول وارد شد و پس از آن از طریق قطعه نازک سیلیکونی با زاویه ۴۵ درجه منعکس شده که در زاویه ۳۶/۹ درجه نسبت به مایع سیلیکون قرار گرفت (زاویه بحرانی سیلیکون - آب ۲۳ درجه). بر طبق قانون SNELL و شاخص‌های شکست ZnSe (۲/۸۹)، سیلیکون (۳/۴۲) و آب (۱/۳۳) محاسبه شد. طیف مادون قرمز ATR با استفاده از طیف‌سنج Nicolet FTIR در رزولوشن ۸ cm<sup>-1</sup>، درجه حرارت اتاق 25 درجه سانتی‌گراد و در حدود میانگین ۶۰۰ اسکن به دست آمدند. طیف مادون قرمز از یک نوع روغن ترمز تحت فشار مختلف در سلول ATR در مقایسه با طیف IR در سلول ATR بدون روغن ترمز در شکل ۶ نشان داده شده است. شدت ویژگی‌های IR با فشار اعمالی توسط پیچ تنظیم وارد می‌گردد. تجزیه و تحلیل طیفی نشان می‌دهد که کاربرد گریس خالص به عنوان یک آب بند موثر معنی‌دار نیست و با روغن موتور مخلوط نمی‌گردد.



شکل ۶- طیف ATR ۵۰ ساعته روغن در سلول اسپکت الکتروشیمیایی.

شدت شاخص‌های IR با ایجاد و افزایش فشار اعمالی توسط پیچ تنظیم افزایش یافت. ویژگی‌های دیگر IR هیدروکربن نیز واضح هستند. شاخص‌های IR شوینده‌ها / ضد سایش‌ها در محدوده موجی ۱۲۶۰-۷۵۰ cm<sup>-1</sup> مشاهده شدند. طیف مادون قرمز درحالی‌که سلول‌ها قطبی شده بودند با استفاده از طیف‌سنج امپدانس الکتروشیمیایی (۵۰۰ میلی ولت ولتاژ AC، ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز محدوده فرکانسی) با ولتاژ DC افسست پلاریزه شد. این آزمایش بر روی ولتاژ PGZ-402 پتانسیل‌سنجی گردید. تمام نمونه‌های روغنی از نمونه روغن ماشین‌سواری (BUICK) در شرکت Lubrizon در هر ۱۰ ساعت تست جمع‌آوری شدند که در کل نمونه‌های برای ۶۰ ساعت جمع‌آوری شدند و برای تجزیه و تحلیل EIS-ATR IR ارائه داده شدند. این نمونه‌ها به منظور مقایسه مستقیم روغن‌های تازه گرفته‌شده با روغن‌های نمونه قبلی جمع‌آوری شدند. به علاوه، ترکیب روغن پایه با مواد شوینده

قبل از تجزیه و تحلیل شدند. یک قطعه نازک سیلیکونی نیز برای هر نمونه تجزیه و تحلیل روغن مورد استفاده قرار گرفت.

### بحث و نتایج

مشخصه‌های انتقالی مادون قرمز روغن‌های شوینده و تمیزکننده در ابتدا، برای اندازه‌گیری‌های انتقالی روغن پایه با روغن پایه با مواد شوینده ساخته شدند. برای شناسایی مشخصه‌های IR با سلول اسپکت ATR و مقایسه آن‌ها، روغن پایه با مواد شوینده که حاوی ۴ نوع مواد شوینده مختلف بود که از A تا D در جدول ۱ طبقه‌بندی شدند. اندازه‌گیری‌ها تقریباً غلظتی از مواد شوینده، در مقایسه با نمونه در غلظت ( $< 10\%$ ) از مواد شوینده در روغن پایه، قرار گرفت. انتقال روغن‌ها به وسیله‌ی گسترش روغن بر روی کرسیتال‌های KBR در مسیر نور مادون قرمز قرار داده شد و اندازه‌گیری شد.

**جدول ۱- مقایسه روغن‌های پایه شامل مواد شوینده**

نوع	ماده شوینده (%)	ماده شوینده
پایه نمک کلسیم و اسید سولفیت	۱/۲	A
پایه نمک کلسیم و اسید سولفیت	۱/۶۳	B
فئات	۰/۹۹	C
فئات	۰/۵۴	D

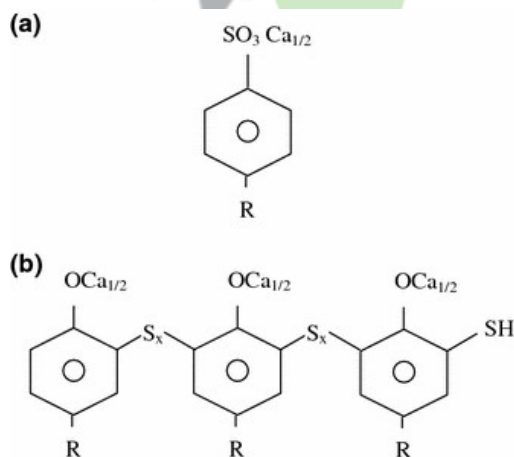
در طیف گسیل یافته روغن پایه و روغن پایه با مواد شوینده، مشخصه‌های IR برای گروه‌های مختلف CHx روغن به وضوح مشاهده شد. در جدول ۲ لیستی از نوارهای C-H برای متیل (CH3) و متیلن (CH2) قرار داده شده است. ارتعاشات کششی ضعیف هستند. C-H های متقارن از گروه متیل در رزولوشن‌های مورد نظر برای اندازه‌گیری‌های IR قابل مشاهده نبودند و با C-H های متقارن از گروه متیلن پوشانیده می‌شدند. به طور مشابه، C-H های نامتقارن خم شده گروه متیل، C-H های حاصل از ارتعاش ضربدری را همپوشانی می‌کند. علاوه بر این، مشخصه‌های IR در ناحیه  $1200-800\text{ cm}^{-1}$  برای مواد شوینده با روغن پایه با مواد شوینده مشاهده شد.



جدول ۲- شناسایی اختلافات نقاط هیدروکربنی برای طیف‌سنجی روغن‌های پایه

ارتعاشات	نقاط جذب ( $\text{cm}^{-1}$ )
Asymmetrical C-H stretching of $\text{CH}_3$	2952
Symmetrical bending of $\text{CH}_3$	1375
Asymmetrical C-H stretching of $\text{CH}_2$	2924
Symmetrical C-H stretching of $\text{CH}_2$	2854
Scissoring of $\text{CH}_2$	1460
Rocking of $\text{CH}_2$	722

مواد پاک‌کننده به کار برده شده در روغن پایه، شامل یک گروه عاملی قطبی و یک دنباله هیدروکربنی غیر قطبی است که آن‌ها را در روغن پایه غیر قطبی محلول می‌کند که نتیجه آن یک ساختار درون سلولی معکوس است. مواد شوینده A و B که در شکل a<sup>3</sup> نشان داده شده است، کربنات کلسیم درون سلولی احاطه شده و نمک تثبیت شده اسید سولفیت ( $\text{SO}_3\text{Ca}^{1/2}$ ) است (Rizvi, 1995). این دو ماده شوینده مختلف به وسیله تعدادی از کلسیم کربنات‌های مولکولی در درون سلول از هم جدا می‌گردند (به ترتیب ۶ و ۱/۵). شکل ۴ نیز طیف مواد شوینده A و B را نشان می‌دهد، که برای ماده شوینده A، نوارهای ۱۱۸۳ تا ۱۰۴۷  $\text{cm}^{-1}$  به ترتیب برای گروه‌های ارتعاشی متقارن و نامتقارن  $\text{SO}_2$  اختصاص داده شد. به طور مشابه، برای مواد شوینده B نوارها از ۱۱۹۲ تا ۱۰۵۲  $\text{cm}^{-1}$  قرار دارند. اسید سولفیت بی‌آب نوارهای ارتعاشی  $\text{SO}_2$  را که نزدیک به ۱۳۵۰ تا ۱۱۷۰  $\text{cm}^{-1}$  نشان می‌دهد (Detoni and Hadzi, 1957). در مقابل، نوارهای ارتعاشی  $\text{SO}_2$  برای فلز سولفونات‌ها متفاوت است که نزدیک به ۱۱۹۰ تا ۱۰۵۰  $\text{cm}^{-1}$  است (Socrates, 2004). برای هر دو ماده شوینده، یک نوار با ۸۶۳ تا ۸۶۴  $\text{cm}^{-1}$  برای  $\text{C}=\text{O}$  های خمشی کلسیم کربنات‌ها اختصاص داده شده است و نقطه سختی برای مواد شوینده B نسبت به مواد شوینده A بیشتر است.

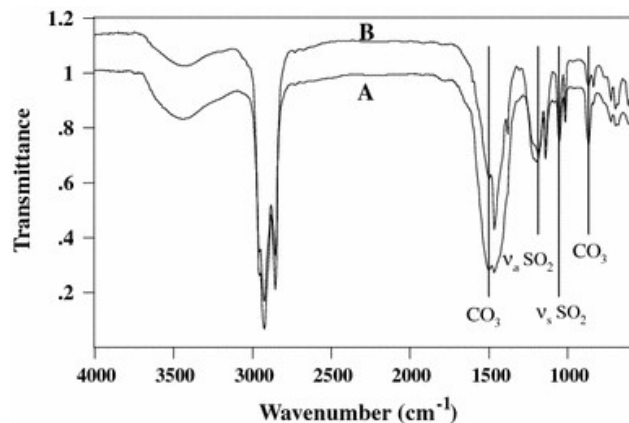


شکل ۷- ساختار مواد شوینده مختلف



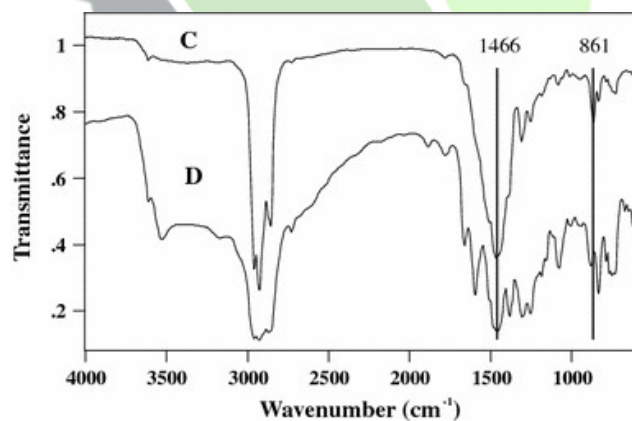


ساختار نمک سولفات در مواد شوینده A و B دارای ۲۰ تا ۲۴ کربن است. ساختار b همراه فنات در ماده شوینده C و D. R نیز آلکان است که حاوی ۱۲ کربن است.



شکل ۸- طیف انتقال مواد شوینده A و B.

نقاط ۱۴۹۵ و ۸۶۳ تا ۸۶۴ (طیف A/B)  $\text{cm}^{-1}$  مشخصه‌های گروه‌های کربنات هستند در حالی که نقاط ۱۱۸۳ تا ۱۱۹۲ و ۱۰۵۲/۱۰۴۷  $\text{cm}^{-1}$  مشخصه‌های گروه  $\text{SO}_2$  هستند. مواد شوینده C و D سیستم‌های فنات هستند که در آن‌ها پراکندگی کلسیم کربنات به وسیله آریل سولفات اسید تثبیت می‌گردند (شکل b۷). شکل ۹ طیف IR این دو ماده شوینده را نشان می‌دهد.



شکل ۹- طیف IR دو ماده شوینده C و D.

انتقال مواد شوینده C و D. نقاط در نزدیکی ۳۰۰۰، ۱۴۶۰، ۱۳۷۵ و ۷۲۲  $\text{cm}^{-1}$  با گروه‌های  $\text{CH}_2$  و  $\text{CH}_3$  ارتباط دارد. اوج نقاط در ۱۴۶۶  $\text{cm}^{-1}$  تقریباً نوارهای فنات هستند. نقطه ۸۶۱  $\text{cm}^{-1}$  یک شاخص برای گروه کربنات است. ک نتیجه تمام این بررسی‌ها افزایش مقاومت و شکست بعدی ساختار تکه‌های قطبی این مواد نسبت به زمان‌های طولانی‌تر خشک کردن در بیشتر از ۳۰ ساعت و در نتیجه کاهش مقاومت است.



## نتیجه گیری

بازتاب ضعیف سلول الکتروشیمیایی با استفاده از قطعات نازک سیلیکون در تماس نوری با منشور ZnSe به عنوان المان بازتاب‌کننده داخلی برای مطالعه روان کارها کاربرد دارد. سلول ATR مقدار حجم الکترولیت را به حداقل می‌رساند، بنابراین مقدار مقاومت الکترولیت را در مقابل عبور روغن‌ها در مقابل الکترودها کاهش می‌دهد. قطعات نازک سیلیکونی یور اندود شده، به عنوان الکترودهای انتقال نور برای اندازه‌گیری‌های طیف‌های الکتروشیمیایی ATR برای الکترولیت‌های مقاومتی، به ویژه روغن‌های صنعتی کاربرد دارد.

پیش از این، روغن‌ها به طور جداگانه توسط اسپکتروسکوپی IR و الکتروشیمیایی مورد مطالعه قرار گرفتند. ما آن‌ها را به طور همزمان با استفاده از طیف‌سنجی الکتروشیمیایی ATR-IR تجزیه و تحلیل کردیم. تخریب روغن‌ها با استفاده از تغییراتی در مشخصه‌های IR در ارتباط با هیدروکربن‌ها اثبات شد، افزودنی‌های مواد شوینده و ضدسایش در پتانسیل‌های DC به‌کاربرده شدند. تجزیه و تحلیل‌های طیف‌سنجی ATR-IR نشان می‌دهد که جذب مواد شوینده و افزودنی‌های ضد سایشی در یک روغن ۳۰ ساعت کار کرده به بیشینه مقدار خود می‌رسد و سپس با مصرف آن به مرور زمان کاهش می‌یابد. به طور مشابه، مجموع مقاومت حجمی، و مقاومت انتقالی شارژی، از تجزیه و تحلیل EIS محاسبه می‌گردد. این ناشی از تغییر شکل ماده شوینده در زمان‌های خشک کردن در ۳۰ ساعت است که نتیجه آن افزایش مقاومت و شکست بعدی ساختار تکه‌های قطبی آن نسبت به زمان‌های طولانی‌تر خشک کردن در بیشتر از ۳۰ ساعت و در نتیجه کاهش مقاومت است. به طور مشابه مطالعاتی روی EIS و ATR-IR به منظور پیش‌بینی تخریب روغن‌ها در کارکرد بالاتر از ۳۰ ساعت انجام گرفت. این تجزیه و تحلیل‌ها امکان استفاده از قطعه نازک سیلیکونی در سلول ATR را برای تخریب روغن‌ها نشان می‌دهد. ویژگی مولکولی در ATR در ترکیب با الکترودها - الکترولیت‌های کنترل شده واکنش‌های الکتروشیمیایی، یک وسیله قدرتمند برای بررسی میزان تخریب و فرمولاسیون روغن است.

## فهرست منابع

۱- بهادری یکتا، ح. ۱۳۸۲. موفقیت‌های حاصل از مراقبت وضعیت ماشین‌آلات عمرانی از طریق آنالیز روغن، وزارت جهاد کشاورزی.

۲- ویلز، ج. جورج. ۲۰۰۵. اصول روانکاری، ترجمه مهندس محمود ترکی، مهندس محمود ذوقی، چاپ اول انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت ایران، ۱۳۷ص.

3- Anderson MR, Taylor CD (2000) In: Meyers RA (ed) The encyclopedia of analytical chemistry. John Wiley & Sons, New York, p 9849

4- Detoni S, Hadzi D (1957) Spectrochim Acta 11:601

- 5- Emad Khorshid and Aly Nawwar-a. 2005. review Of The Effect of Sand Dust and Filtration on Automobile Engine Wear Kuwait University.
- 6- Harrick NJ (1967) Internal reflection spectroscopy. John Wiley & Sons, New York
- 7- Hind AR, Bhargava SK, McKinnon A (2001) Adv Colloid Interface Sci 93:91
- 8- Martin HB, Morrison PW Jr (2001) Electrochem Solid St 4:E17.
- 9- Rizvi SQA (1995) Lubricants and lubricant additives. Lubrizol Corp
- 10- Socrates G (2004) Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts, 3rd edn. Wiley, Chichester
- 11- Stole SM, Popenoe DD, Porter MD (1991) In: Abruna HD (ed) Electrochemical interfaces: modern techniques for in situ interface characterization. VCH Publishers, New York, p 589
- 12- Surapol Raadnui Wear Particles:University of Wales Swansea March 1995
- 13- Trevor M.Hunt,Handbook of wear debris analysis and practice detection in liquids applied science London and New Yourk 1993.

## Lubricants and electrochemical analysis of the infrared spectrum of the radiation degradation of lubricants

Seyede Hoda Yoosefian<sup>1\*</sup>, Ayat Mohammad Razdari<sup>2</sup>, Hasan kiani<sup>3</sup>, Vali Mohammad Razdari<sup>4</sup>, Amir Hossien Shahabi<sup>5</sup>

1- Msc Student, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University of Hamedan.  
Hoda.mchanic@yahoo.com

2- Msc Student, Department of Biosystems Engineering, Shahr Kord University.

3- Msc Student, Department of Agricultural Machinery, University of Natural Resources of Gorgan.

4- Student of Mechanic Engineering, Industrial nonprofit Mazandaran,.

5- Student, Department of Agricultural Machinery, University of Natural Resources of Gorgan.

### Abstract

Most systems will do more friction and lubrication by oil circulation systems that consistently contain important information about the interactions within the system. Several tests were performed on the same way we can identify the causes of erosion. One of these methods is the use of infrared spectroscopy. An attenuated total reflectance (ATR) infrared (IR) cell was designed using a boron-doped silicon wafer as the optically transparent electrode to simultaneously perform ATR-IR spectroscopic and electrochemical impedance measurements. The degradation of industrial lubricants was investigated by monitoring the near-surface concentration of hydrocarbons, detergents and anti-wear additives and the formation of degradation products, while polarizing the cell using electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The detergent and the anti-wear agent concentration on and near the silicon surface, based on the IR spectra and the sum of bulk solution and charge transfer resistance, based on the impedance spectra, were all at a maximum for 30 h drain oil, and then decreased for later drain oils. These results agree with other independent measurements, such as oil viscosity, total acid number (TAN), and total base number (TBN) to indicate that the lubricant is significantly degraded after 30 h in the engine test. These data demonstrate the potential use of the ATR silicon-based electrochemical cell as a monitoring device for lubricant degradation, and as an effective analytical tool capable of studying interfacial kinetics, surface interactions of the additives, and performance of silicon-based spectroelectrochemical devices.

**Keywords:** Spectroscopy, Detergent, Lubricants, Infrared