پیشگفتار :

روانکاری یا "Tribology" به عنوان علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر تعریف شده است و با موضوعاتی همچون : فرسودگی ، طراحی و جنس مواد مرتبط می باشد. مواد روانکار به محصولاتی اطلاق می گردد که برای روانکاری اجزاءِ با حرکت لغزشی و همچنین چرخشی مورد استفاده قرار می گیرد و سابقه آن به زمان پیدایش چرخ و استفاده از گردش آن به دور محور ، به منظور ایجاد حرکتی روان ، بر می گردد .

بطور کلی در هر جا که سطوح در جوار و در تماس با یکدیگر دارای حرکتی نسبی هستند، روانکاری نقش بسیار مهمی در انجام حرکت به نحو صحیح ، مداوم و اقتصادی ، ایفا می کند .

عدم روانکاری صحیح ماشین آلا ت علاوه بر آنکه باعث تقلیل راندمان مکانیکی و پائین آمدن بازده زمانی ماشین می شود . منجر به فرسایش بیش از حد ، فرسودگی و از کارافتادگی زودرس نیز می گردد .

جزوه پیش رو برای آشنائی و آگاهی بیشتر مسئولین و دست اندرکاران صنایع و طراحان و مهندسان فنی کارخانه ها که به نحوی در ارتباط با راه اندازی و بهره برداری ، نگهداری و تعمیرات ، همچنین تهیه وتدارک روانکارهای مناسب برای ماشین آلات صنعتی و تاسیسات فنی کشور هستند، به منظور فراهم نمودن زبان مشترک و توسعه ارتباطات آتی تهیه گردیده است .

امید است این جزوه بتواند مرجعی مناسب برای پاسخ به مسائل و مشکلات علمی و کاربردی روانکاری بشمار آید .

فصل اول :
آشنائی با روانکارها ، مشخصات فیزیکی و روش تولید آنها

اهداف فصل:

– آشنائی با اهمیت ووظائف انواع روانکارها

- مهمترین پارامترها و مشخصات فیزیکی روغنها

- آشنائی با فرآیند تولید روغن

۱-۱اهم وظایف روغن های روانساز عبارتند از :

۱- روانكاري :

یعنی تشکیل لایه روغن با ضخامت مناسب بین قطعات متحرک ، بمنظور به حداقل رساندن اصطکاک و سائیدگی قطعات در حین کار .

۲- انتقال حرارت :

انتقال حرارت ایجاد شده از سطوح مورد نظر و خنک کردن قطعات متحرک .

۳- ضربه گيري :

یکی از ویژگی های مهم روغن کاهش تاثیر ضربات در حین انجام حرکات مکانیکی بر روی قطعات است ، بدین معنی که روغن از تاثیر منفی ضربه های قطعات بر یکدیگر جلوگیری می نماید .

٤- حفاظت از سطوح :

روغن های روانساز باید بتوانند سطوح قطعات فلزی را در مقابل زنگ زدگی و خوردگی شیمیائی محافظت کنند .

۵- آب بندي :

آب بندی (Sealing) قطعات نیز از ویژگی های مهم روغن است . برای مثال روغن موتور با تشکیل لایه ای از روغن بین پیستون و سیلندر در موتورهای احتراق داخلی از فرار گازهای متراکم شده جلوگیری می نماید .

٦- انتقال مواد (حمل ذرات) :

روغنهای روانساز باید بتوانند ذرات ناشی از سائیدگی قطعات و مواد ناشی از تجزیه روغن و سوخت را به صورت معلق نگه دارند و با خود حمل کنند .

۷- انتقال نیرو:

روغن های روانساز در بعضی موارد نقش انتقال نیرو را به عهده دارند (روغن های هیدرولیک) .

۱-۲ویژگیهای روغن های روانساز

۱- باید دارای گرانروی مناسب و ضریب اصطکاک بسیار کم باشند . قابلیت روانکاری قسمتهای مختلف دستگاه را به خوبی داشته باشند .

۲- در مقابل حرارت مقاوم باشند و اکسیده نشوند .

۳- خاصیت پاک کنندگی مناسب داشته باشند و پس از کار مداوم و حرارت زیاد ، مواد لجنی و رسوبات در لابه لای قطعات تشکیل ندهند .
٤- دارای شاخص گرانروی بالا باشند .
۵- با ایجاد لایه نازکی بر روی سطوح متحرک که با یکدیگر در تماس هستند ، از ساییدگی و فرسودگی آنها جلوگیری نمایند .
۶- در حین عملیات ایجاد کف ننمایند .
۷- زنگ زدگی و خورندگی مواد شیمیائی بر روی قطعات را کنترل نمایند .
۸- با قطعات الاستیکی و پلاستیکی سازگاری کامل داشته باشند .

۱-۳روش تولید روغنهای روانساز :

تولید برش روغني از نفت خام (**Lube cut**)

تعداد اتم های کربن موجود در یک هیدروکربن بسیار با اهمیت است و تغییر در تعداد اتم های کربن موجب تغییرات شدید در خواص هیدروکربن و در نتیجه کاربرد آن میشود . به همین دلیل است که از پالایش نفت خام که حاوی هیدروکربن هائی متفاوت از یک کربنه تا بیش از صد کربنه است ، فرآورده هائی با ظاهر خواص و کاربرد کاملا" متفاوت بدست می آید . ترکیبات گازی که پس از مایع کردن تحت فشار (LPG) در کپسول هائی پرشده و در شهرها و روستاهای فاقد گاز شهری بعنوان سوخت مورد استفاده قرار میگیرند و مایعات کاملا" فرار مانند بنزین و ترکیبات کاملا" ویسکوزو نیمه جامد مانند قیر ، همگی فرآورده های حاصل از تقطیر نفت خام هستند . با انجام فرآیند پالایش علاوه بر جداسازی ترکیبات غیرهیدروکربنی ، ترکیبات هیدروکربنی نیز با توجه به نقطه جوششان که ناشی از تعداد اتم های کربن موجود در مولکول آنهاست از هم جدا میشوند . بطور معمول با انجام پالایش بر روی نفت خام ، تنها چند درصد مواد هیدروکربنی با تعداد اتمهای بین ۲۰ تا ۵۰ بدست می آید که مناسب برای استفاده به عنوان روانکار هستند . این برش مناسب جهت مصارف روانکاری اصطلاحا" برش روغنی یا Lube cut نامیده میشود .

بقیه مواد حاصل از پالایش نفت خام را عمدتا" مواد سبکتر تشکیل می دهند که برای مصارف سوختی مناسب هستند . هیدروکربن های با کمتر از ۱۵ اتم کربن بدلیل ویسکوزیته پائین ، نقطه اشتعال پائین و فراریت زیاد برای استفاده به عنوان روانکار مناسب نیستند .

ضمنا" باید توجه داشت همه نفتهای خام برای تولید روغن پایه مناسب نیستند . در انتخاب یک نفت خام جهت تولید روغن پایه باید عوامل متعددی نظیر ترکیب شیمیایی نفت خام ، هزینه پالایش ، درصد برش روغنی موجود در نفت خام ، نیاز بازار و بسیاری عوامل دیگر مد نظر

قرار گیرد . به همین دلیل ، درصد روغن پایه پالایش شده از نفت های خام نقاط مختلف جهان متفاوت است و از ۵ تا حدود ۲۰ درصد در منابع مختلف ذکر شده است .

همه انواع هیدروکربن های موجود در یک برش روغنی مطلوب نبوده و باید تا حد ممکن جدا شده و یا به انواع مفیدتری تبدیل شوند . دسته اول ترکیبات آروماتیک هستند که به دلایل زیر برای مصارف روانکاری مناسب نیستند :

- پایداری اکسیداسیون پائین که موجب تغییر رنگ روغن و ایجاد ترکیبات صمغی و چسبنده و ایجاد مواد ته نشین (Deposits) در اثر کارکرد روغن در دماهای بالا میگردد .
- داشتن شاخص گرانروی پائین Viscosity Index) یا (VI که این شاخص به ثبات گرانروی در مقابل دما اشاره میکند . روغن های دارای شاخص گرانروی بالا ، حساسیت کمتری نسبت به تغییرات دما دارند و در دماهای بالاتر کمتر افت ویسکوزیته داشته و خاصیت روانکاری خود را از دست می دهند .
- امکان تاثیر نامطلوب بر روی لاسیتک ها و آببندها

دسته دوم ترکیبات پارافینیک خطی درشت مولکول هستند که علی رغم داشتن شاخص گرانروی بسیار بالا ، خواص در سرمای مناسبی ندارند و وجود آنها باعث از بین رفتن و یا کم شدن جریان و حرکت روغن در اثر سرما میگردد . در فرآیندهای قدیمی جداسازی هر دو دسته این ترکیبات یعنی آروماتیک ها و پارافین های خطی با استفاده از حلال صورت میگیرد اما در فرآیندهای جدید معمولاً بر تغییر و تبدیل ترکیبات نامناسب به مناسب تاکید میگردد .

روغنهای روانساز عمدتاً دارای منشاءِ معدنی هستند و اساس آنها برش روغنی است که از نفت خام تهیه میشود . بطور کلی انواع فرآیندهائی که به منظور تولید روغنهای روانکار مورد استفاده قرار می گیرند بشرح ذیل می باشند :

۱- تقطیر (Distillation) : در این فرآیند که در پالایشگاه صورت می پذیرد برش روغنی (Lube Cut) طی دو مرحله تقطیر در فشار اتمسفریک و تقطیر در خلاءِ از نفت خام استخراج می گردد . هدف از این فرایند تثبیت ویسکوزیته و نقطه اشتعال روغن می باشد.

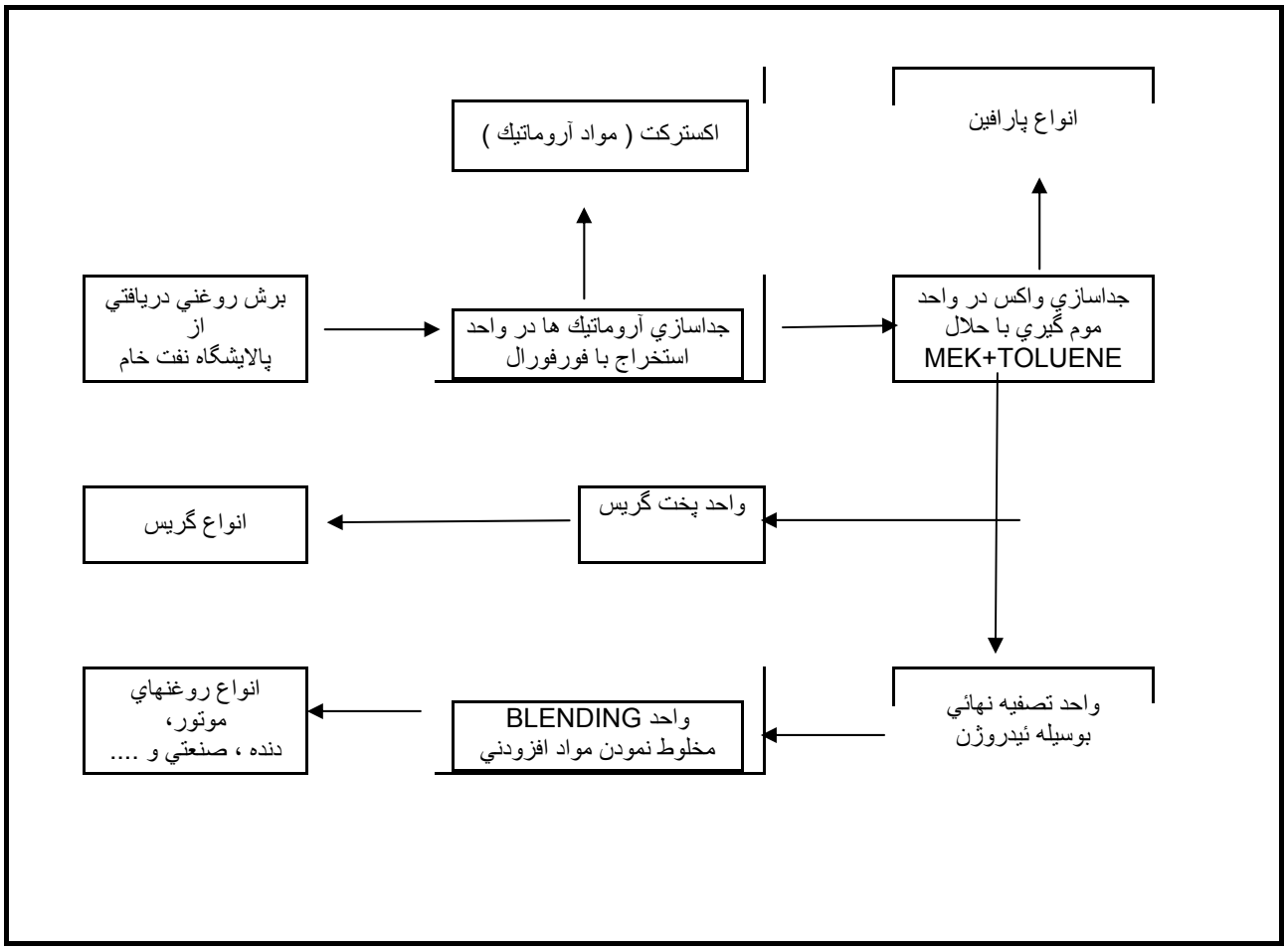
۲- تصفیه (Refining) : در این فرآیند بمنظور بهبود و کاهش تغییرات ویسکوزیته نسبت به دما (V.I) اقدام به جداسازی آروماتیکها توسط فورفورال از برش روغنی می گردد.

۳- موم زدائی (Dewaxing) : بمنظور بهبود خواص روغن در دماهای پائین و کاهش نقطه ریزش (Pour Point) ، در این فرآیند به کمک حلالهای MEK , TOLUENE نسبت کاهش میزان مواد پارافینی (واکس) موجود در روغن اقدام می گردد .

٤- امتزاج (Blending) : در این فرآیند با اختلاط انواع روغنهای پایه تولیدی و اضافه نمودن مواد افزودنی (Additives) نسبت به تولید محصولات نهائی با کیفیت و مشخصات استاندارد اقدام می گردد.

برش روغنی به عنوان ماده اولیه واحد های روغن سازی ، وارد پالایشگاه روغن گردیده و تحت یک رشته عملیات پالایش به "روغن پایه " تبدیل میگردد .

نمودار زیر مراحل پالایش روغن پایه و بخشی از فرآیندهای تولید محصولات در پالایشگاه شرکت نفت بهران را نشان می دهد :



شکل ۱-۱مراحل پالایش روغن پایه و بخشی از فرآیندهای تولید محصولات درپالایشگاه شرکت نفت بهران:

۱-۴پارامترهای کیفی و مشخصات عمده روغن های صنعتی

به منظور کنترل کیفیت وطبقه بندی روانکارها مانند تمامی محصولات تولیدی در واحدهای صنعتی ، برای آنها ویژگی ها و مشخصات فیزیکی تعریف می گردد که مهمترین آنها به شرح ذیل می باشد :

۱-۴-۱گرانروی (VISCOSITY) :

مقاومتی که یک روغن نسبت به جاری شدن از خود نشان می دهد ، گرانروی (ویسکوزیته) نامیده میشود . این مقاومت تابعی از میزان پیوستگی بین مولکولهای روغن می باشد گرانروی روغن با تغییردمای آن با نسبت عکس ، تغییر میکند و هرچه روغن گرمتر شود گرانروی آن کمتر میگردد ، از این رو همواره باید گرانروی همراه با دمائی که گرانروی در آن اندازه گیری شده ، قید گردد . گرانروی روغن معمولاً در دمای ٤٠ و ١٠٠ درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود.

۱-۴-۲ شاخص گرانروی (VISCOSITY INDEX) (VI) :

میزان تغییر گرانروی با تغییرات دما را با شاخص گرانروی می سنجند . هرچه رقم شاخص گرانروی روغنی بزرگتر باشد روغن مرغوبتری بوده و در اثر تغییر دما گرانروی روغن کمتر تغییر میکند و برعکس مواد آروماتیک باعث کاهش شاخص گرانروی می گردد.

۱-۴-۳ نقطه ریزش (POUR POINT) :

نقطه ریزش ، پائین ترین دمایی است که روغن در آن هنوز سیال است و جاری میشود . این خاصیت بیانگر عملکرد روغن در دماهای پائین میباشد. به بیان دیگر هرچه نقطه ریزش روغن پائینتر باشد (منفی تر باشد) آن روغن در دماهای سرد مناسبتر می باشد.
وجود مواد پارافینی باعث افزایش دمای نقطه ریزش می گردد.

۱-۴-۴ نقطه اشتعال (FLASH POINT) :

پائین ترین دمایی است که در آن ، روغن به اندازه کافی به بخار تبدیل میشود و با هوا یک مخلوط قابل اشتعال می سازد ، به طوری که با نزدیک کردن شعله آتش ، در یک لحظه ، مشتعل و سپس خاموش گردد . این آزمون برای اندازه گیری میزان آتش گیری و فرار بودن روغن صورت می گیرد .

۱-۴-۵ نقطه احتراق (FIRE POINT) :

نقطه احتـــراق ، پائین ترین دمایی است که در آن روغن به اندازه ای بخار تولید کنـد کـه بـا نزدیک کردن شعله ، مشتعل شود و این اشتعال مدتی ادامه یابد . نقطه احتراق معمولاً حـدود ۱۵ درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه اشتعال است از این رو اندازه گیری و ذکر نمی گردد .

۱-۴-۶ چگالی یا دانسیته (DENSITY) :

برابرست با جرم یک سانتیمتر مکعب از روغن ($15^{\circ}C$) که بر حسب کیلوگرم بر متر مکعـب (Kg/m^3) بیان میشود . کاربرد این مشخصه ، تبدیل وزن بـه حجـم و بـالعکس (در محاسـبات حمل و نقل فرآورده هـای نفتـی) اسـت . قـبلاً از چگـالی نـسبی (SPECIFIC GRAVITY) استفاده میشد که عبارتست از نسبت وزن مخصوص روغن به وزن مخـصوص آب در دمـای معین $60^{\circ}F$ (درجه فارنهایت)

فصل دوم :
آشنائی با انواع مواد افزودنی
(ADDITIVES)
و خواص آنها

اهداف فصل:

– ضرورت استفاده از مواد افزودنی

- انواع موادافزودنی و موارد استفاده ار آنها

۲-۱مواد افزودنی روغن :

چون روغن پایه که از پالایش نفت خام بدست می آید ، هنوز ویژگی های لازم برای استفاده در موتور خودروهای مدرن و ماشین آلات صنعتی را به طور کامل دارا نیست ، بسته به نوع وظیفه ای که از آن انتظار می رود ، مواد افزودنی مختلف به آن افزوده میشود تا در روغن مقاومت لازم برای شرایط سنگین کار ، حرارت و فشار زیاد موتور ، بطور بهینه ایجاد شود .
مهمترین موادی که به منظور تامین ویژگی های مناسب به روغن پایه افزوده می شوند عبارتند از :

۲-۲پاک کننده ها و معلق کننده ها (DETERGENTS AND DISPERSANTS) :

در طی فرآیند احتراق ، مقدار زیادی ذرات دوده و مواد ناشی از احتراق ناقص پدید می آید. این مواد تولید شده در روغن غیرمحلول هستند و موجب تشکیل رسوب در پیستون ها می شوند و حتی ممکن است باعث چسبندگی رینگ و پیستون گردند .
مواد افزودنی پاک کننده و معلق کننده به اکثر روغن های روانساز برای از بین بردن رسوبات فوق افزوده میگردد . هرچه مقدار این افزودنی ها بیشتر باشد ، روغن از قدرت پاک کنندگی بیشتری برخوردار است و در عمل ، روغن سریعتر سیاه میگردد و هرچه میزان این دو ماده افزودنی کمتر باشد ، روغن دیرتر سیاه ، ولی باعث ته نشین شدن رسوبات و آسیب رسیدن به موتور میشود . بنابراین سیاه شدن سریع روغن هنگام کار برخلاف تصور عامه به هیچوجه دلیل نامرغوب بودن آن نیست . عمده ترین مواد پاک کننده که در حال حاضر مورداستفاده قرار می گیرند عبارتند از : صابونهای مواد آلی ، نمکهای فلزات قلیائی خاکی مانند: باریم ، کلسیم و منیزیم وهمچنین فناتهای این فلزات .

۲-۳بهبود دهنده شاخص گرانروی (VI – IMPROVER) :

مولکول های مواد افزودنی بالابرنده شاخص گرانروی ، پلیمرهای زنجیری بلند و بزرگ (در مقایسه با مولکول های روغن) هستند بطوری که در درجه حرارت پائین تقریبا" به صورت کلوئید در روغن پراکنده میشوند و هرچه دمای روغن بالا رود تغییر حجم داده ، با حل شدن پلیمرها کاهش گرانروی روغن را جبران می کنند . این مواد بیشتر در روغن های چند درجه ای (مالتی گرید) استفاده می شوند .مهمترین این مواد عبارتند از : پلی متا آکریلاتها ، کوپلیمرها ، پلی آکریلاتها ، پلی الفینها و کوپلیمر آنها و کوپلیمر استایرن و بوتادین .

۲–۴مواد ضداکسیداسیون (ANTI-OXIDANT) :

بعضی از ترکیبات موجود در روغن بر اثر حرارت موتور و تماس دائم با هوا و مجاورت با فلزات مختلف موتور،که ممکن است مانند یک کاتالیزور عمل نمایند ، در معرض اکسیداسیون مداوم قرار گرفته و به مواد از قبیل پراکسیدها و ترکیبات آلی دیگر تبدیل می شوند . برای جلوگیری از اکسید شدن روغن مواد افزودنی ضداکسیداسیون به آن اضافه می شود . فنل های آلکیله ودی تیوفسفات از مهمترین انواع این مواد می باشند.

۲–۵ مواد ضدسائیدگی (ANTI-WEAR) :

در شرایط سخت کار ، اجزای موتور شامل سوپاپ ها ، بادامک ها و ... دچار سائیدگی میشوند. مواد ضدسائیدگی از بروز چنین ضایعاتی جلوگیری می نمایند . استفاده از این مواد به منظور ایجاد لایه مقاومی از مواد شیمیائی مابین قطعات متحرک و ثابت است تا از تماس مستقیم با فلز و در نتیجه بروز تاثیرات سائیدگی جلوگیری کند . از چربیها ، اسیدها ، استرها و ترکیبات گوگرددار بعنوان مواد ضدسایش استفاده می گردد.

۲– ۶مواد ضد خوردگی و ضد زنگ زدگی (ANTI- CORROSION & ANTI – RUST)

به طور کلی روغنهای معدنی قابلیت محافظت و جلوگیری از خوردندگی و زنگ زدگی را دارند ، اما در هنگام عمل به علت وارد شدن آب به صورت قطره در داخل روغن ، زنگ زدگی و خورندگی رخ می دهد . برای جلوگیری از این پدیده ، به اکثر روغن ها مواد افزودنی ضدخوردگی و ضدزنگ زدگی افزوده می شود . در ضمن مواد افزودنی قلیائی میتوانند اسیدهای ناشی از عمل احتراق را (در موتورهای احتراق داخلی) که موجب خورندگی و زنگ زدگی نیز هستند ، از بین ببرند . ترکیبات قطبی مانند : آمین ساکسیناتها و سولفوناتهای فلزات قلیائی خاکی از این دسته مواد می باشند .

۲–۷مواد پائین آورنده نقطه ریزش (POUR POINT DEPRESSANTS) :

این مواد به منظور پائین آوردن نقطه ریزش به روغن افزوده میشوند تا راه اندازی و روشن کردن موتور در هوای بسیار سرد امکان پذیر گردد . یعنی به کمک این مواد ذرات پارافین را در دمای پائین به صورت معلق در روغن نگهداشته و از بسته شدن روغن (جامد شدن آن) جلوگیری می نمایند . این مواد بطورکلی در دو نوع وجود دارند :

۱- پلیمرهای آلکیل آروماتیک که جذب کریستالهای واکس شده واز رشدآنها جلوگیری می نماید .

۲- پلی متا آکریلاتها که از رشد کریستالهای واکس جلوگیری می کنند .

۲-۸مواد ضدکف (ANTI-FOAM) :

هنگام کار دستگاههای صنعتی و موتور ، به علت سرعت زیاد حرکت و ایجاد تلاطم ، هوای وارد شده در روغن باعث تشکیل کف در آن میشود . برای جلوگیری از این پدیده و پیشگیری از بروز خسارت ، مواد ضد کف به روغن افزوده میشود . پلیمرهای سیلیکون دار و آلی از متداول ترین انواع این مواد می باشند .

روغنهای روانکاری Lubricating oils روغن هائی هستند که برای روانکاری قطعات یاتاقان ماشین آلات به کار میروند . معمولاً مقطرهای سنگین تقطیر برشی نفت خام بعد از نفت سفید با حرارت بین ۱۲۳ الی C° ۱۵۸ هستند . در درجات سبک ، متوسط و سنگین برحسب وزن ملکولی آنها ، جدا میشوند به صورت رنگ پریده هنگامی که زردرنگ تا متمایل به قرمز و تیره هنگامی که به رنگ سیاه مایل به قهوه ای هستند ، طبقه میشوند . نقطه اشتعال آنها بین ۱۵۰ الی C° ۳۱۶ و وزن مخصوص آنها معمولاً ۸۶۰٪ الی ۹٤۰٪ است . روغن های خنثی ، روغن های سبکی هستند که با تقطیر ، بدون شکستن به دست می آیند و در تماس با آب ، مانند روغن های پارافینی ، امولسیون نمی شوند . لذا برای روانکاری کارتل اتومبیل و در سیستمهای چرخه ای مطلوب اند . روغن های روانکاری را ممکن است با اسید سفید کرد و میتوان آن ها را با روغن های نباتی و حیوانی مخلوط کرد . روانکاری کمال مطلوب ، تحصیل لایه نازک مایع روان بین سطوح در حرکت با جابازی بسیار کم است ، بطوریکه محور روی لایه نازک روغن بچرخد . روانکاری هیدرودینامیکی تحت فشار این وضع را فراهم میکند . هنگامی که جابازی بسیار زیاد ، لزجت روغن بسیار کم ، بار بسیار سنگین ، یا سرعت بسیار کم باشد ، فقط یک روانکاری مرزی تقریباً در مجاورت کف حاصل میگردد ، بطوریک که لایه نازک محور را تحمل نمی کند . روغن های نباتی چرب و اسید بوده ، نرمی بیشتری دارا هستند ، ولی به آسانی اکسید می شوند . هنگام کاربرد ظاهراً صمغی میشوند ، مگر این که یک ماده ضد اکسیدان در آنها به کار برده شود . روغن های نباتی و حیوانی خاصیت چسبناکی روغنهای روانکاری را افزایش می دهند ، ولی در هیچ حالتی نباید عنصری که باعث امولسیون شدن میشود به روغن اضافه کرد . برای روغن موتور کشتی ۱۵ الی ۲۰ درصد روغن تصفیه شده تخم ترب و بادام زمینی مشخص شده است، این روغن روانکاری دارای نقطه اشتعال C° ۱۷۷ است . روغن سیلند بخار ، دارای ۵ الی ۱۰ درصد روغنهای نباتی اسید چرب با نقطه اشتعال C° ۲۳۲ است . روغن جذب شده نام روغن مرکبی است که هم به عنوان روانکار و هم بصورت لایه عمل میکند . سیلیکون ها ، اکنون بجای روغن های روانکاری در شرایط گرمای بسیار زیاد و بسیار کم به کار می روند ، ولی بطور کلی ارزش روانکاری آنها کم است

ضداکسیدانها ، که برای کاهش اکسایش و حداقل ایجاد لجن و تشکیل اسید در روغنها بکار میروند، عموماً ترکیبات قلع مانند بی اکسید قلع ، تترافنیل قلع و ریسینولئات قلع هستند . گرد قلع به تنهائی نیز دارای عمل بازدارندگی است. پاکسازها در ترکیب روغنهای روانکاری موتورهای احتراق داخلی برای جلوگیری و فروپاشی کربن و رسوبات لجن وارد می شوند . درصدهای زیادی از روغن های نباتی و حیوانی به شمار زیاد در روغن روانکاری ماشین آلات نساجی اضافه و برای این منظور ، روغن های زنگ نزن نامیده میشوند . زیرا ، چنین روغن هائی آسانتر از روغن های معدنی از روی پارچه شسته شده و دارای ضریب مالش کمتری نیز هستند . کیفیت روانکاری عالی روغن های نباتی ، بدون نقص صمغی شدن را میتوان از روغن های معدنی با اضافه کردن یک عامل چربی مانند ریسینولئات پیریدین ستیل به دست آورد . در فشار زیاد و برای روانکاری چرخ دنده های استحکام بالا از یک روغن نوع عالی در ترکیب با صابون سولفونه سربی استفاده میشود . روانکارهای ابرفشار برای روانکاری دنده های کار سنگین از ترکیب روغنهای با کیفیت عالی و صابون سولفونه سربی ساخته میشود . برای فشار فوق العاده زیاد و گرماهای زیاد ، جائی که روغن ها و گریس ها اکسید میشوند ، بی سولفورمولیبدن ، MoS_2 به تنهائی یا مخلوط با روغن ها یا سیلیکون ها به کار برده شده است. این ماده ، گرد نرم سیاه رنگ با دانه هائی به کوچکی ۰/۷۵ میکرون است ، که محکم به سطح فلز چسبیده ، ضریب مالشی کمی افاضه میکند و کار تا $400\ ^\circ C$ را نیز امکان میدهد ولی دارای واکنش اسیدی بوده و فلزات را می خورد . بی سولفور مولیبدن شبیه گرافیت ولی به چگالی دو برابر آن است . گوگرد با پیوند الکترونی ضعیف تر روی یک طرف صفحه نسبت به طرف دیگر ، خود را چسبانده ، تشکیل صفحات لایه ای یا پولک هائی در ساختار مولکولی می دهد که شکاف برداشته و عمل لغزش یا روانکاری را به وجود می آورد . بی سولفور مولیبدن را ممکن است به عنوان زبره در دنده ها و یاتاقانها نایلونی برای کاهش اصطکاک به کار برد . بی سولفور تنگستن نیز به عنوان روانکار نظیر بی سولفورمولیبدن به کار می رود . پیوند الکترونی گوگرد به تنگستن قوی تر از مولیبدن است و بدین لحاظ در حرارت های زیاد پایدارتر است . ابعاد دانه های بی سولفور تنگستن ۱ الی ۲ میکرون و به صورت گرد متبلور سیاه خاکستری رنگ است . روانکارهای خشک لایه ، معمولاً گرافیت یا سولفور مولیبدن در یک رزین یا محلول فرار هستند . روی سطح یاتاقان پاشیده شده و با تبخیر حلال ، لایه نازک چسبنده ای روی یاتاقان باقی می ماند . پلی تترافلوئور و اتیلن ، که دماهای تا $260\ ^\circ C$ را مقاومت می کند ، روانکاری خشک لایه است و نیز به عنوان افزودنی به روغن های روانکاری به کار می رود . بی سولفور سلنیم ، SeS_2 ، کیفیات روانکاری خود را تا گرماهای $1093\ ^\circ C$ حفظ میکند و به علت افاضه گازی کم ، برای روانکاری در خلاء مناسب است . سایر موادی که به عنوان روانکارهای خشک به کار می روند . عبارتند از: بی سولفورتانتال TaS_2،

بـی تلوروتیتـان ، $TiTe_2$ و بـی سـلنور زیرکـونیم ، $ZrSe_2$ ، روغـن هـای هیـدرولیک (مایعـات هیدرولیک) ، برای کار در پرس ها باید هم روانکاری و هم فشار تحمل کننـد و بیـشتر روغنهـای معدنی هستند ولی جائی که در معرض گرماهای زیاد باشد ، مانند ماشین های ریخته گری تحت فشار ، مواد شیمیائی به کار می رود . روغن هیدرولیکی مقـاوم بـه شـعله بـا بنیـان فـسفات بـری کرزیل ، روغنهای استر از گاز نفت در هواپیما ، پلیمرهای کلرور تری فلوئورو وینیل ، و دی فنیـل دیدودسیل از ترکیبـات مختلـف و تجـاری محـسوب میـشوند . روغـن هـای سردسـازی ، بـرای روانکاری ماشین آلات سردسازی ، روغن های معدنی هستند که برای زدودن تمـامی رطوبـت و موم آن ها ، تصفیه شده اند . نوعی از این روغن ها تا برودت $-57^{\circ}C$ نیـز پایـدار میماننـد . مـایع هیدرولیکی از آب - گلیکول میتواند فشاری تا حد ۳٤ MPa را مقاومت کند . دارای نقطه ریـزش $-63^{\circ}C$ و ضریب لزجت ۱۷۰ و در محدوده وسیعی از دما با کمترین اثـر روی لزجـت مـایع بکـار می رود . مایعات هیدرولیکی سـازگار بـا محـیط زیـست بـه میـزان روزافزونـی در ماشـین آلات کشاورزی و سایر محیط های حساس زیست محیط به کار می روند . این مایعات زیست فروپـاش و غیرسمی در قبال حیوان و ماهی هستند .. طبیعت فلزات یاتاقان اغلب بر روی روغن روانکار اثر میگذارد . در فلزات پرآلیاژی ، بعضی عناصر به عنوان کاتالیزور برای اسیدی کردن روغـن عمـل میکنند ، یا اسیدها یا رطوبت موجود در روغن ها ممکن است فلـز را تجزیـه کننـد. در آلیاژهـای سرب دار یاتاقان ، منیزیم آزاد در مجاورت رطوبت باعث خرابی سرب میگردد . آلیاژهای سرب قلیائی نیز در مجاورت روغن های حیوانی یا روغن های ماهی ممکن اسـت حـل شـوند . بـه هـر صورت ، معمولا" هیچیک از آلیاژهای سفید یاتاقان تحت تاثیر روغن های حیوانی و نباتی که بـرای روانکاری به کار برده شده اند ، قرار نمیگیرند ، مگـر ایـن کـه مقـادیر محـسوسی از عنـصر آزاد اکسید کننده موجود باشد . گرافیت به تاثیر و سودمندی روغن روانکاری می افزاید . روانکارهای گرافیتی ، هر جا که روانکاری مدوام مشکل باشد ، برای روشن کـردن موتـور ، بـرای فنرهـا ، یـا برای یاتاقانها ئی که لایه ای ضخیم مورد نیاز باشد به کار می روند . گرافیت یا سـولفور مولیبـدن در روغن ها ، رزین ها یا حلال ها برای روانکاری ، اندوده هـای روانکـار و جداسـازهای قالـب بـه صورت پاشیدنی به کار می رود . کاستور داگ ، محلول ۱۰ درصد گرافیـت در گلیـسرین اسـت ، محلول گرافیت در روغن کرچک ، محلـول گرافیـت در بـوتیلن گلیکـول و محلـول بـی سـولفور مولیبدن در رزین اپوکسی و محلول گرافیت در الکل روانکارهای گرافیتی هستند که مـایع حامـل تبخیر و لایه ای از گرافیت روی یاتاقان باقی میگذارند . روانکارهای پل فنیل اتر، به میـزان زیـادی مقاوم به تشعشع هستند . آنها بعد از جذب اشعه گاما که روغـن هـای معـدنی را خـشک میکننـد ، روانکاری میکنند . به عنوان روانکارهای خاص در شرایط فوق العاده گرم به کـار مـی رونـد . پـنج نوع اصلی روانکارهای ساختی وجود دارد : پلی آلفا اولفین ها (PAOs) ، پلـی گلیکولهـا ، اسـترهای

پولیول ، دی استرها ، واسترهای فسفاتی و PAOs ها دارای بیشترین کاربرد هستند . روانکارهـای ساختی در مقایسه با روغن های معدنی یا بر مبنای نفت میتوانند در محدوده وسـیعی از دمـا (از ۷۳ - تا C° ۲۸۸) عمل کرده ، اصطکاک را بهتر کاهش دهند و دارای دوام بیشتری هـستند. ایـن روغن ها ، همچنین خطر آتش گیری در دمـای زیـاد را کـاهش مـی دهنـد . اسـترهای فـسفاتی محتوی ۸ الی ۱۲ در صد فسفر و دارای نقطه اشتعال ۲۳۸ الی C° ۲۵۱ ، در مقایـسه بـا ۱۴۹ الـی $177^{\circ}C$ روغن های معدنی هستند . به هر حال روانکارهای ساختی گرانتر هستند . تـری کرزیـل فسفات استرکه زمانی زیاد به کار می رفت ، به علت مسموم کردن دستگاه عصبی کاربرد خود را از دست داده است و روانکارهای ساختی جدیدی ابداع گردیده که ایمن تر هستند که دو تای آن عبارتند از فسفاتهای ایزوپروپیل فنیل و فسفاتهای تی - بوتیل فنیل ، تـری آریـل فـسفات اسـترکه دارای خاصیت هیدرولیکی عالی و پایداری اکسیدی زیادی است .

۲-۹خواص :

خواص روغنهای صنعتی به پایه روغن و افزودنی های که به آن اضافه میـشود ، بـستگی دارد . در مجموع روغنهای معدنی خواص خوب و قیمت پائین دارند . افزودنی های روغـن مـواد شـیمیائی هستند که خواص روغن را تغییر می دهند . این مواد در رنج ppm ۱۰ تا ۲۵٪ غلظت روغـن پایـه به روغن اضافه میشوند . مواد افزودنی روغنها بطور کلی در سـه گـروه طبقـه بنـدی میـشوند : پلیمرها ، ترکیبات کمپلکسر و ترکیبات شامل عناصر فعال مانند کلر و سولفور .

آنها همچنین براساس عمکرد خود نیز طبقه بندی میشوند و تحت عنوان "مواد افزودنی روغنها و عملکرد آنها " بعدا" بحث میشوند. برخی از مواد افزودنی که عملکرد مثبتی در یـک ناحیـه دارنـد ممکن است در نواحی دیگر نامناسب باشند . وقتی عملکرد ترکیبی روغن و مواد افزودنـی مـورد نظر باشد فاکتور موثر هزینه نیز باید در نظر گرفته شود .

فصل سوم :
آشنائی با انواع روغنهای روانکار، کاربرد و طبقه بندی آنها

اهداف فصل:

- آشنائی با انواع روغنهای روانکار
- موارد استفاده وکاربرد انواع روغنها
- روشهای مختلف طبقه بندی روغنهای صنعتی

۳-۱انواع روغنهای روانکار و کاربرد آنها :

روغنها را با توجه به محل مورد استفاده و انتظاری که از آنها می رود می توان به انواع مختلی تقسیم نمود :

۳-۱-۱روغنهای موتور : این دسته از روغن ها که بطور مشخص در انواع موتورهای بنزینی و گازوئیلی و بمنظور روانکاری قطعات داخلی موتور مورد استفاده قرار می گیرند یکی از پرکاربردترین انواع روغن ها می باشند . به منظور بهبود خواص آنها و متناسب با محل کارکرد انواع مواد افزودنی نظیر : پاک کننده ها ، بهبوددهنده V.I ،مواد پائین آورنده نقطه ریزش ، مواد ضد اکسیداسیون و ضد زنگ ، مواد ضدکف و .... اضافه می گردد.

۳-۱-۲ روغنهای هیدرولیک : این نوع روغنها برای انتقال قدرت و حرکت بوسیله فشار و جریان مورد استفاده قرار می گیرند بطوری که با افزایش فشار هیدرولیک ، جریان کاهش یافته و وسیله به آهستگی پائین می رود و بالعکس . در یک سیستم هیدرولیکی ، روغن هیدرولیک از اهمیت بسیار بالائی برخوردار بوده و تاثیر بسیار زیادی بر راندمان سیستم دارد. بطور کلی مهمترین ویژگیهای روغنهای هیدرولیک با کیفیت عالی به شرح زیر می باشد :

۱- در برابر اکسیداسیون و گرما مقاوم باشد.

۲- دربرابر هیدرولیز مقاوم باشد .

۳- دارای خاصیت حفاظت از زنگ زدگی و همچنین خاصیت جداشدن از آب Demulsification باشد.

٤- دارای خاصیت ضد سایش بخصوص در فشارهای بالا و خاصیت ضدخوردگی باشد.

۵- دارای خاصیت ضدکف و قابلیت خارج نمودن هوا از خود باشد.

۶- امکان فیلتر شدن و زدایش آلودگی های حداقل ۵ میکرون را داشته باشد.

۷- در مقابل نیروهای برشی مقاوم اشد.

۸- با آب بندها وقطعات سیستم سازگار بوده و دارای طول عمر کارکرد زیادی باشد.

بایستی توجه داشت که خواص فوق الذکر عمدتا با اضافه نمودن مواد افزودنی تامین می گردد.

۳-۱-۳ روغن های دنده اتومبیل : بطورکلی دنده ها برای افزایش گشتاور ، تغییر سرعت وهمچنین تغییر جهت حرکت مورد استفاده قرار می گیرند و شامل : انتقال دهنده ها ، دیفرانسیل ها ، گردنده ها و افزایش دهنده های قدرت می باشند . تمامی این اجزا نیاز به روغن دارند و روغن مورد نیاز آنها می تواند در محفظه های جداگانه و یا یک مخزن یکپارچه مورد استفاده قرار گیرد . مهمترین نقش روغن های دنده بشرح زیر می باشند :

۱- تعویض راحت دنده در درجه حرارت های پائین برای دنده های غیر اتوماتیک
۲- فراهم آوردن شرایط نرم وآسان برای انتقال قدرت توسط دنده ها
۳- جدا نگهداشتن سطوح فلزی که روی یکدیگر حرکت می کنند.
٤- کاهش اصطکاک و سایش و جلوگیری از مخدوش شدن اجزای تحت فشار زیاد

طبقه بندی روغن های دنده بر اساس دو سیستم SAE , API می باشد .

جدول ۱-۳طبقه بندی روغنهای دنده اتومبیل براساس سیستم API

ردیف	سطح کیفیت	مشخصات	موارد کاربرد	شزایط عملکرد
۱	API - GL - ۱	روغن پایه (بدون مواد افزودنی)	انتقال دهنده های دستی اتوموبیل دنده های مخروطی مارپیچ و حلزونی	فشار و لغزندگی کم
۲	API - GL - ۲	دارای مواد چربی (Fatty)	دنده های حلزونی و جعبه دنده های صنعتی	فشار و لغزندگی کم
۳	API - GL - ۳	دارای مواد افزودنی EP ملایم	دنده های مخروطی مارپیچی و انتقال دهنده های دستی	شرایط بار متوسط
۴	API - GL - ۴	دارای مواد افزودنی EP	دنده های هیپوئید ، مخروطی مارپیچ و محورهای انتقال	شرایط بار متوسط بدون شوک ناگهانی
۵	API - GL - ۵	دارای مواد افزودنی EP با غلظت بالا	انواع دنده ها	سخت ترین شرایط کاری با شوک های ناگهانی

جدول ۲-۳طبقه بندی روغنهای دنده اتومبیل براساس سیستم SAE

معادل طبقه بندی ISO	ویسکوزیته (cSt) در دمای C۱۰۰		حداکثر دما برای ویسکوزیته cp۱۵۰۰۰۰ (Centigrade)	درجه گرانروی SAE
	حداکثر	حداقل		
۲۲ -۳۲	------	۴.۱	-۵۵	۷۰W
۲۲ ــ ۴۶	------	۴,۱	-۴۰	۷۵W
۴۶ ــ ۱۰۰	------	۷	-۲۶	۸۰W
۱۰۰ ــ ۱۵۰	------	۱۱	-۲۲	۸۵W
۴۶ ــ ۱۰۰	<۱۱	۷	-------	۸۰
۱۰۰	<۱۳,۵	۱۱	-------	۸۵
۱۵۰ ــ ۳۲۰	<۲۴	۱۳,۵	-------	۹۰
۳۲۰ ــ ۶۸۰	<۴۱	۲۴	-------	۱۴۰
۱۰۰۰	------	۴۱	-------	۲۵۰

۳-۱-۴روغن دنده های صنعتی : در جعبه دنده های صنعتی ، دنده های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که انواع مختلف آنها عبارتند از : دنده های جناغی ، مارپیچی ، ساده ، مخروطی ، مخروطی مارپیچی و حلزونی . برهمین اساس و بخاطر اختلاف در طراحی وکاربردهای مختلف این دنده ها ، روغن های مختلفی نیز به شرح زیر مورد استفاده قرار می گیرند :

الف) روغن هاي فشار پذير (**EP**): این روغن ها در مجموعه دنده هائی که برای بارهای بسیار زیاد مورد استفاده قرار می گیرند) مانند: دنده های جناغی ویا دنده هائی که جهت انرژی را ۹۰ درجه تغییر می دهند مانند دنده های مخروطی مارپیچ (مورد استفاده قرار می گیرند .

ب) روغن هاي غير فشار پذير : این روغن ها دارای خاصیت جلوگیری از زنگ زدگی و اکسیداسیون بوده ودر مجموعه دنده های دارای سرعت زیاد و بار کم مورد استفاده قرار می گیرند . بعضی از انواع آن که دارای ترکیبات روی می باشند خاصیت ضد سایش داشته و در سیستم های با بار متوسط و یا سرعت متغیر مورد استفاده قرار می گیرند .

ج) روغن هاي تركيب شده : این روغن ها شامل اسیدهای چرب مانند تالو ویا نوع سنتز شده آن مانند پلی بوتن ها می باشد ودر مجموعه دنده های حلزونی که اصطکاک بین نوک دنده ها لغزشی یا پیچشی می باشند مورد استفاده قرار می گیرند .

طبقه بندی انواع روغن های دنده صنعتی براساس سیستم آگما و معادل آن در سیستم ایزو در جدول ذیل آورده شده است

جدول۳-۳طبقه بندی روغنهای دنده صنعتی براساس سیستم ISO, AGMA

AGMA CLASSIFICATION	ISO CLASSIFICATION
AGMA ۰	ISO ۳۲
AGMA ۱	ISO ۴۶
AGMA ۲	ISO ۶۸
AGMA ۳	ISO ۱۰۰
AGMA ۴	ISO ۱۵۰
AGMA ۵	ISO ۲۲۰
AGMA ۶	ISO ۳۲۰
AGMA ۷	ISO ۴۶۰
AGMA ۸	ISO ۶۸۰
AGMA ۸A	ISO ۱۰۰۰

۳-۱-۵ روغنهای توربین : روغنهائی هستند که بعنوان روانکار وانتقال حرارت در یاتاقانها و دنده های کاهش دهنده دور و در سیستم های کنترل بعنوان یک روغن هیدرولیک مورد استفاده قرار می گیرند . موارد استفاده آنها در توربینهای بخاری ، گازی ، توربینهای آبی و بادی میباشد که با توجه به موارد استفاده در درجات مختلف (از نظر ویسکوزیته) ودر سطوح کیفیت مختلف ساخته می شوند . بطورکلی مشخصات ویژه یک روغن خوب به شرح زیر می باشد :

۱- گرانروی مناسبی داشته باشد بطوریکه حالت تعادلی بین خاصیت روانکاری و انتقال حرارتی (مواد با ویسکوزیته کم) را تامین نماید.
۲- پایداری اکسیداسیونی خوبی داشته باشد.
۳- جداپذیری خوب آب از روغن و هوا از روغن
٤- دارا بودن خواص ضدسایش و ضد زنگ
۵- مقاومت در برابر پدیده کف سازی

در تقسیم بندی روغنهای توربین از لحاظ ویسکوزیته از سیستم ISO استفاده می گردد.

۳-۲انواع سیستم های طبقه بندی روغن ها :

در صنعت روانکاری به منظور شناخت و کاربرد صحیح روغن ها از چند گونه طبقه بندی استفاده می شود :

الف) : طبقه بندی روغن ها بر حسب درجه گرانروی
ب) : طبقه بندی روغن ها بر حسب سطوح کیفیت و استانداردهای مربوط .
ج) : طبقه بندی روغن ها بر حسب استاندارد DIN ۵۱۵۰۲

۱) روغن هاي موتور

۱-۱) طبقه بندی روغن های موتور بر اساس گرانروی (درجه بندی SAE)

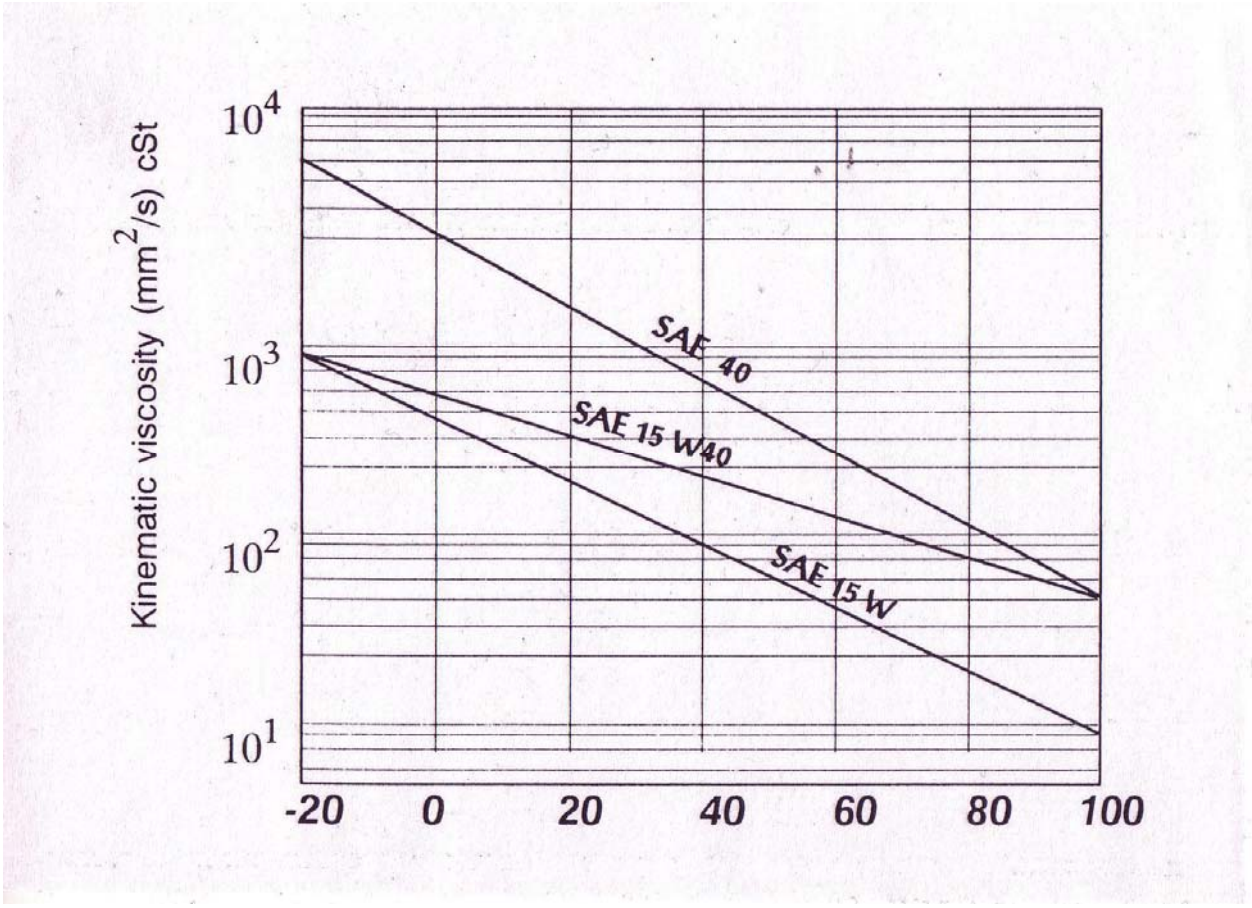
انجمن مهندسین خودرو SAE بدلیل اهمیت گرانروی ، اساس طبقه بندی روغن های موتور را بر این ویژگی بنا نهاده است . بطوری که در این سیستم دو گروه از درجات گرانروی مورد تعریف قرار می گیرند .

یک گروه دارای حرف Winter = W و دیگری گروهی که بدون حرف W است . درجات دارای حرف W معرف کیفیت روغن برای کار در فصول سرد سال و دمای پائین پمپ شدن روغن است . در روغن های چند درجه ای ، درجه سمت راست ، مرتبط با گرانروی روغن در دماهای بالا(۱۰۰ $^{\circ}$C) است .

جدول٤-٣ طبقه بندی گرانروی روغن بر اساس سیستم SAE

روغن معادل ISO	گرانروی کینماتیک Cst در ١٠٠ درجه سانتی گراد		درجه گرانروی SAE
	حداکثر	حداقل	
١٥ - ٢٢	-------	٣,٨	SAE٠W
٢٢	-------	٣,٨	SAE٥W
٢٢ - ٣٢	-------	٤,١	SAE١٠W
٣٢ - ٤٦	-------	٥,٦	SAE١٥W
٤٦ - ٦٨	-------	٥,٦	SAE٢٠W
١٠٠	-------	٩,٣	SAE٢٥W
٤٦ - ٦٨	<٩,٣	٥,٦	SAE٢٠
١٠٠	<١٢,٥	٩,٣	SAE٣٠
١٥٠	<١٦,٣	١٢,٥	SAE٤٠
٢٢٠	<٢١,٩	١٦,٣	SAE٥٠
٣٢٠	<٢٦,١	٢١,٩	SAE٦٠

نمودار صفحه بعد گرانروی دو نوع روغن تک درجه ای (مونوگرید) و روغن چند درجه ای ٤٠ SAE ١٥ W را در دماهای مختلف نشان می دهد . به طوریکه ملاحظه میشود یک روغن چند درجه ای (مولتی گرید) در دماهای بالا (١٠٠ $^{\circ}C$) ویژگی های روغن ٤٠ SAE و در دمای پائین ویژگی های روغن W١٥ SAE را دارد و همچنین مشخص می شود که روغن چند درجه ای تغییرات گرانروی کمی نسبت به تغییرات دما دارد . (قابلیت مصرف در همه فصل ها)



شکل ۱-۳

۱-۲) طبقه بندی سطوح کیفیت

طبقه بندی انجمن نفت آمریکا API

انجمن نفت آمریکا (American Petroleum Institute) کیفیت روغن های موتور را در دو گروه دسته بندی نموده است . گروه اول روغن های موتور برای خودروهای بنزینی که با علامت S مخفف Service (نماینده ایستگاههای تعویض روغن ، گاراژها و بنگاههای فروش خودروها) مشخص شده و گروه دوم روغن های موتور دیزلی که با علامت C مخفف Commercial (وسایل نقلیه تجارتی ، کشاورزی و ناوگان) مشخص شده است و سطح کیفیت هر یک از روغن های این دو گروه به وسیله حروفی (به ترتیب الفبا) که بعد از حرف S یا C نوشته می شود ، مشخص می گردد .

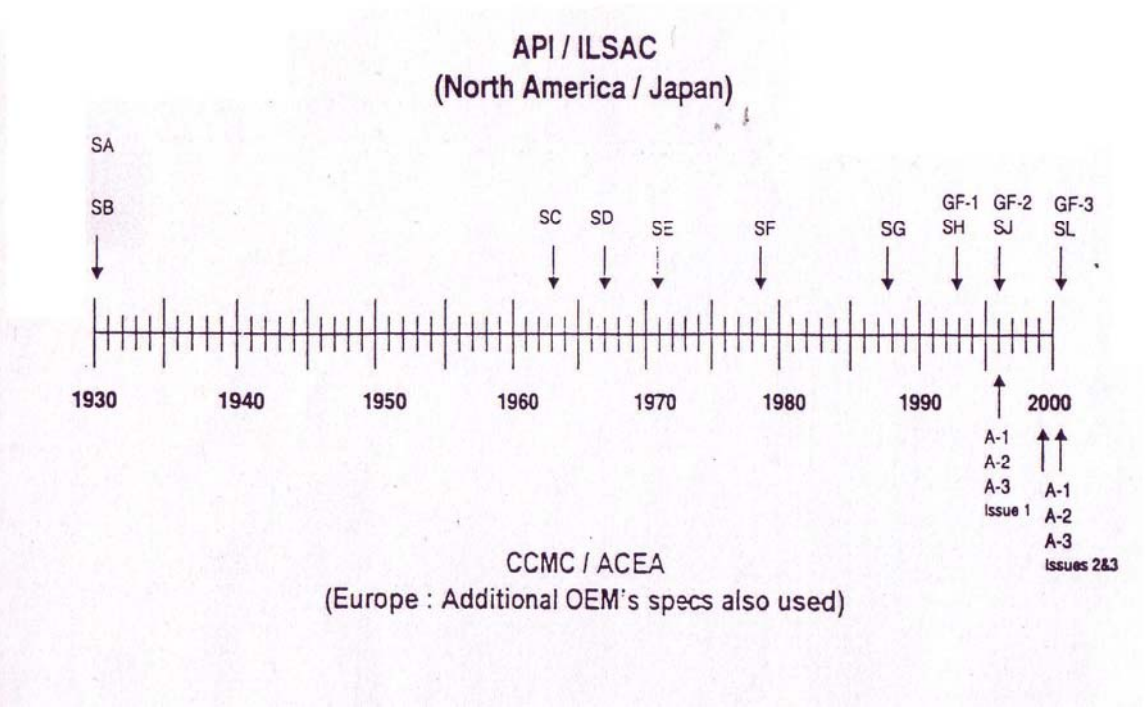
کیفیت بالاتر ← کیفیت پائین تر

SA , SB,SC , SD , SE , SF, SG, SH , SJ , SL
CA , CB,CC, DC, CDII,CE, CF-٤ , CF,CF-٢, CG-٤, CH-٤, CI-٤

۳-۱) تحولات مشخصه های سطح کیفیت روغن موتور بنزینی

شکل زیر تحولات مشخصه های سطوح کیفیت روغن موتور بنزینی را از سال ۱۹۳۰ تا سال ۲۰۰۰ برای شمال آمریکا و ژاپن API/ILSAC نشان می دهد .

شایان ذکر است که در اروپا مشخصه های این استانداردها از جانب CCMC/ACEA و سازندگان اصلی تجهیزات و خودروها (OEM'S) تعیین گردیده است .

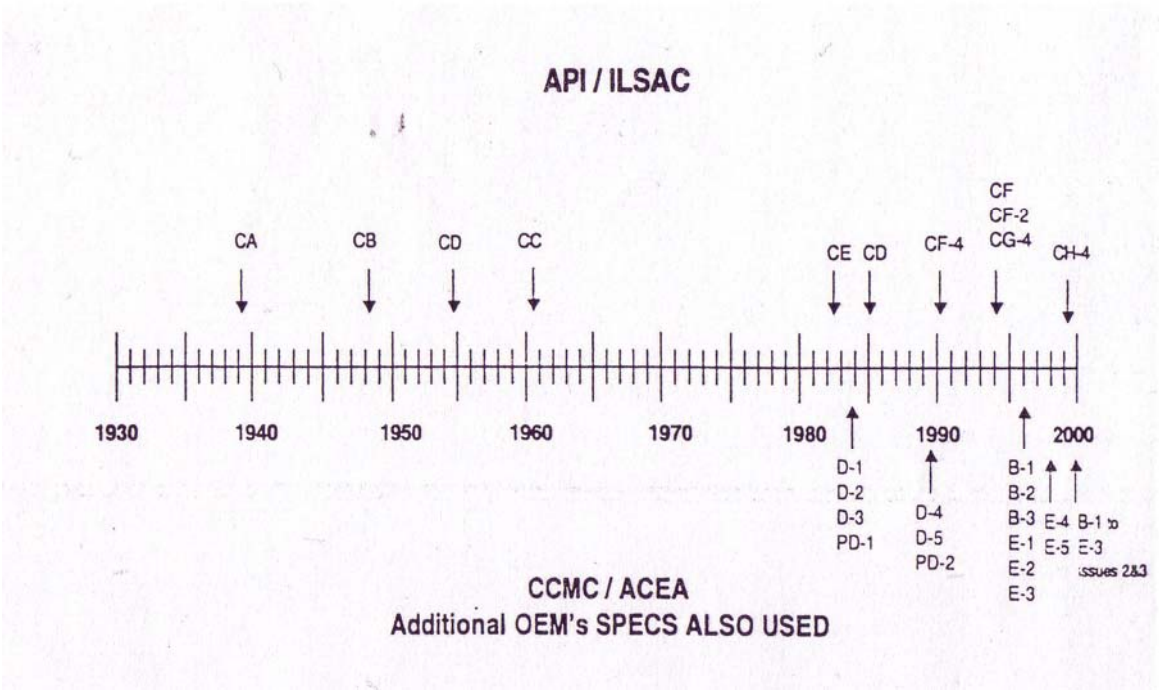


شکل ۲-۳

٤-۱) تحولات مشخصه های سطح کیفیت روغن موتور دیزلی

شکل زیر تحولات مشخصه های سطح کیفیت روغن موتور دیزلی را از سال ۱۹۳۰ تا سال ۲۰۰۰ از طرف موسسات نفتی آمریکای شمالی و ژاپن API/ILSAC نشان می دهد .

شایان ذکر است که در اروپا ، استانداردهای مربوط به سطوح کیفیت روغن موتور دیزلی از جانب سازمانهای CCMC/ACEA و سازندگان اصلی تجهیزات و خودروها (OEM'S) تعیین گردیده است .



شکل۳-۳

۵-۱) معرفی سطح کیفیت ILSAC

اخیراً بستـــــه بندی های روغن های مـــوتـــور در کنـار مشخـصه هـای سطـــح کیفیـت API مشخصـــه های مربوط به ILSAC را نیـــز معرفی مـی نماینـــــد . ILSAC مخفـف عبـــارت INTERNATIONAL LUBRICANT STANDARDIZATION AND APPROVAL COMMITTEE و به معنای سازمان بین المللی استاندارد و تائیـد (کیفیـت) روانکارهاست .

این سازمان از سال ۱۹۹٤ در زمره موسسات بررسی ، تعریف و تائید سـطوح کیفیـت روغـن های موتور بنزینی قرار گرفته اسـت و بیـشتر سـازندگان خودروهـا در کتابچـه هـای جدیـد راهنمای خودرو ، آن را ذکر می نمایند و برچسب تائیـد کیفیـت API را بـر حـسب تعـاریف ILSAC نیز بر روی بـسته بنـدی هـای روغـن هـای موتـور بـرای انتخـاب روغـن مـشخص می نمایند .

همانگونه که مشخص است سطح کیفیت ILSAC از سال ۱۹۹۵ برای سطوح کیفیت جدید در مقایسه با API و همراه با آن از جانب سازمان مربوطه مطرح گردیده است .

۶-۱) سایر طبقه بندی های مهم

ارتش آمریکا (با علامت اختصاری ... ۱ MIL-L و شماره هائی) و سازندگان خودروی کشورهای بازار مشترک اروپا با علامت اختصاری CCMC۲ که به ACEA۳ تبدیل شده است و همچنین موسسات استاندارد بین المللی و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز بطور موازی با سازندگان معتبر خودروها OEM٤ در دنیا ، از قبیل شرکتهای DaimlerChrysler، Ford، GM، Toyota، MAN، VW و ... استانداردهای ویژه خود را برای انواع روغن ها مشخص نموده اند که جداول صفحه بعد برابری تقریبی سطوح کیفیت و استانداردهای مزبور را نشان می دهد .

۲) روغن هاي دنده خودرو

برای سیستم های انتقال نیرو ، بخصوص در محورهای عقبی خودروها ، دنده های متفاوتی به کار رفته که نیاز به روانکاری متفاوت و مناسب در شرایط گوناگون را دارند . انتخاب روانکار مناسب مستلزم بررسی دقیق شرایط کار و مشخصات فیزیکی – شیمیائی روانکار در تطبیق با شرایط کار دارد . انجمن نفت آمریکا API دسته بندی SAE , API را برای روغن دنده های سیستم های انتقال نیرو و محورها ، با مشخصات ویژه معرفی نموده است .

۳) روغن هاي صنعتي

۱-۳) طبقه بندی روغن های صنعتی براساس گرانروی

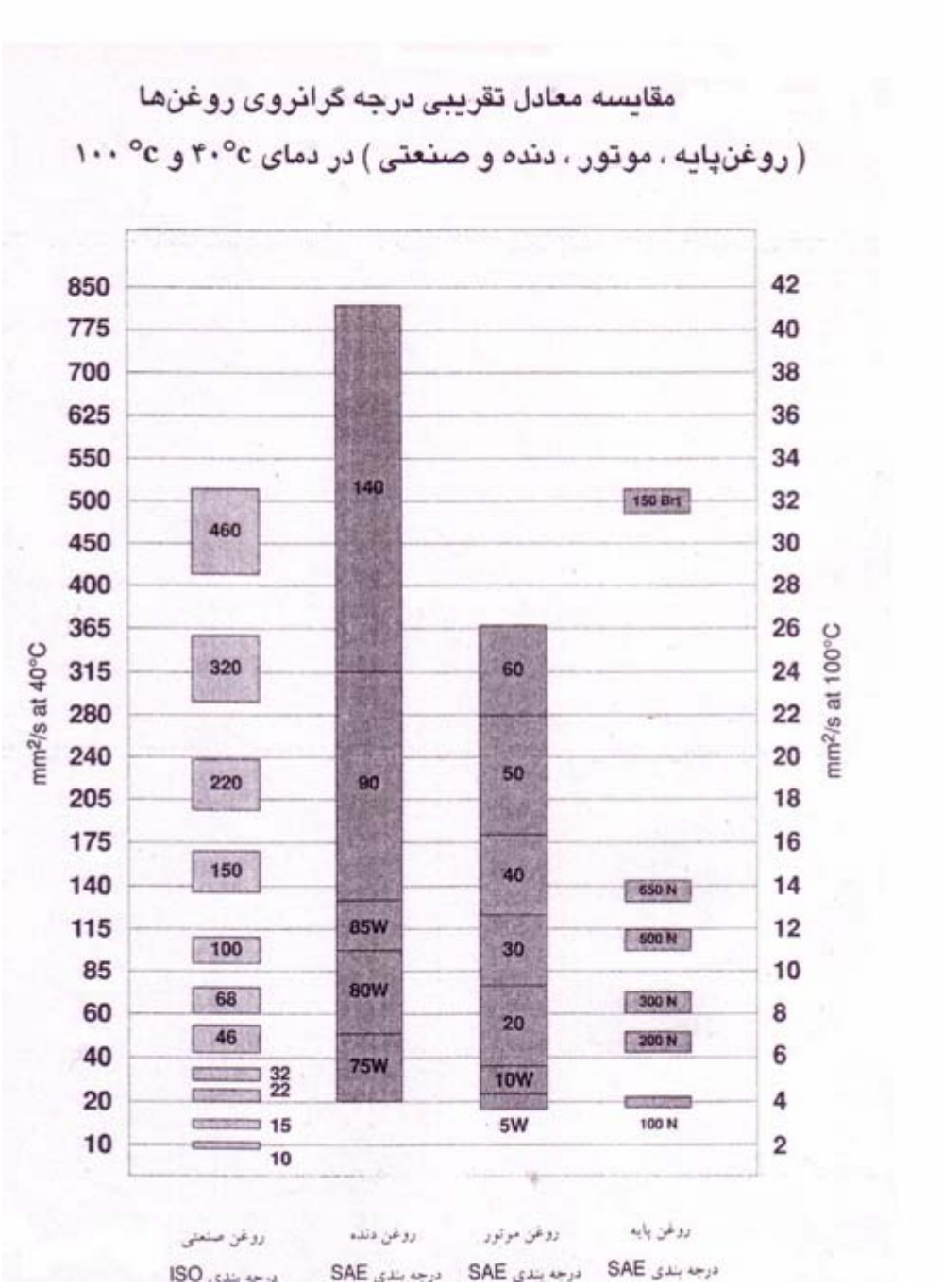
این طبقه بندی اکثراً براساس طبقه بندی درجات گرانروی ISO انجام می شود که عبارتست از گرانروی روغن در ٤۰ درجه سانتیگرادکه تغییرات مجاز آن ۱۰٪ ± است . درجه ISO روغن تقریباً نشان دهنده میانگین این تغییرات مجاز گرانروی بر حسب سانتی استوک (cSt) در دمای c ° ٤۰ است .

جدول ۵- ۳طبقه بندی گرانروی ISO

طبقه بندی گرانروی ISO	گرانروی کینماتیک (Cst) در ٤٠ درجه سانتی گراد	
	حداقل	حداکثر
ISO VG۲	۱,۹۸	۲,۴۲
ISO VG۳	۲,۸۸	۳,۵۲
ISO VG۵	۴,۱۴	۵,۰۶
ISO VG۷	۶,۱۲	۷,۴۸
ISO VG۱۰	۹	۱۱
ISO VG۱۵	۱۳,۵	۱۶,۵
ISO VG۲۲	۱۹,۸	۴۲,۲
ISO VG۳۲	۲۸,۸	۳۵,۲
ISO VG۴۶	۴۱,۴	۵۰,۶
ISO VG۶۸	۶۱,۲	۷۴,۸
ISO VG۱۰۰	۹۰	۱۱۰
ISO VG۱۵۰	۱۳۵	۱۶۵
ISO VG۲۲۰	۱۹۸	۲۴۲
ISO VG۳۲۰	۲۸۸	۳۵۲
ISO VG۴۶۰	۴۱۴	۵۰۶
ISO VG۶۸۰	۶۱۲	۷۴۸
ISO VG۱۰۰۰	۹۰۰	۱۱۰۰
ISO VG۱۵۰۰	۱۳۵۰	۱۶۵۰
ISO VG۲۲۰۰	۱۹۸۰	۲۴۲۰
ISO VG۳۲۰۰	۲۸۸۰	۳۵۲۰

۲-۳) طبقه بندی سطوح کیفیت روغن های صنعتی

به علت تنوع بسیار زیاد روغن های صنعتی ، ذکر استانداردهای همه آنها در اینجا امکان پذیر نیست و در مورد هر روغن خاص به طور جداگانه شرح داده شده است . فقط باید توجه نمود که بسیاری از استانداردهای روغن های صنعتی توسط سازندگان معتبر دستگاه ها تدوین شده و مورد قبول عموم قرار گرفته اند .


مقایسه معادل تقریبی درجه گرانروی روغن‌ها
(روغن‌پایه ، موتور ، دنده و صنعتی) در دمای ۴۰°c و ۱۰۰ °c
mm²/s at 40°C
mm²/s at 100°C
850 775 700 625 550 500 450 400 365 315 280 240 205 175 140 115 85 60 40 20 10
42 40 38 36 34 32 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12 10 8 6 4 2
460 320 220 150 100 68 46 32 22 15 10
140 90 85W 80W 75W
60 50 40 30 20 10W 5W
150 Brt 650 N 500 N 300 N 200 N 100 N
روغن صنعتی
درجه بندی ISO
روغن دنده
درجه بندی SAE
روغن موتور
درجه بندی SAE
روغن پایه
درجه بندی SAE

شکل ٤-٣

جدول ٦-٣

طبقه‌بندی API برای روغن‌های موتور

الف) روغن موتورهای بنزینی

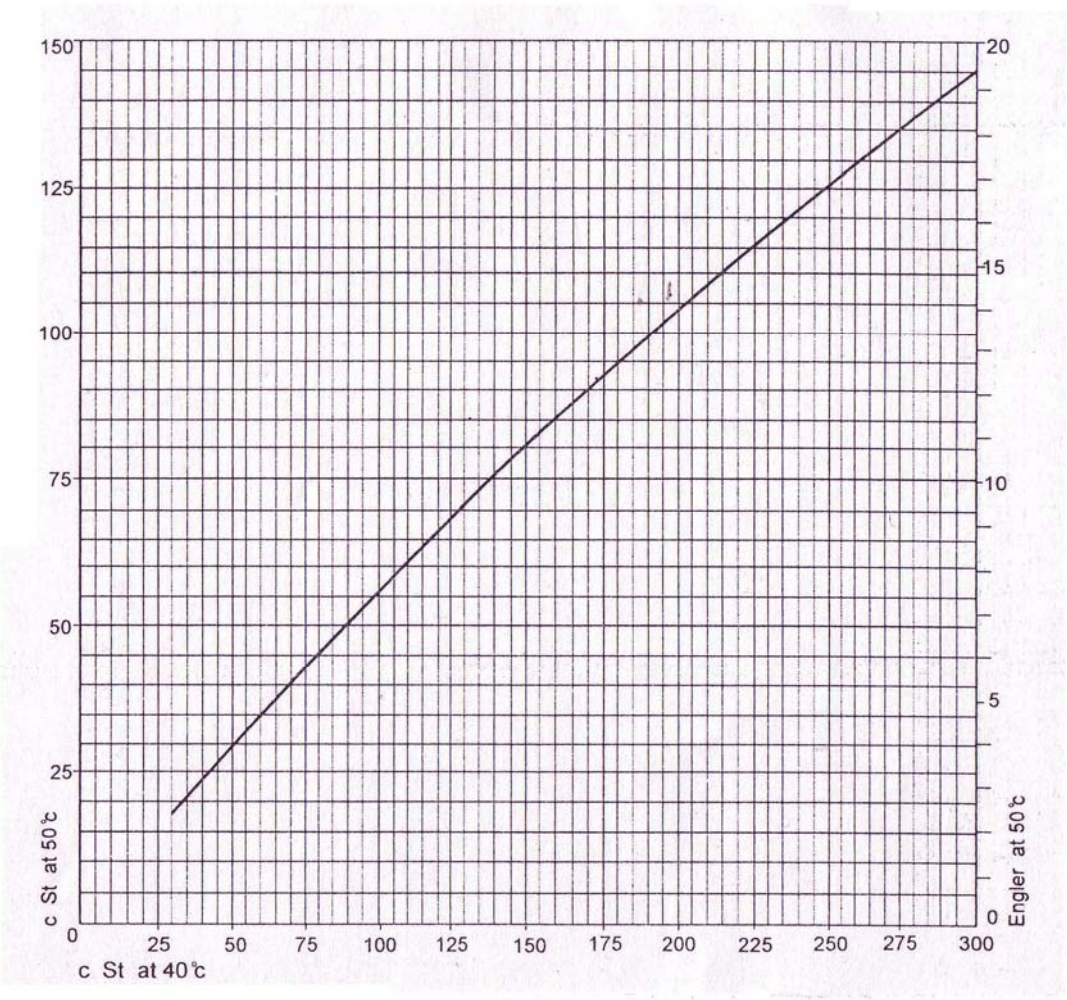
API	توضیحات
SA	روغن پایه
SB	SA + مواد ضدخوردگی و ضداکسیداسیون (۱۹۳۰)
SC	SB + مواد ضدزنگ و ضدسائیدگی + پاک کنندگی (۱۹٦٤ – ۱۹٦۷)
SD	مشابه SC ، دارای مقدار بیشتری از مواد افزودنی (۱۹٦۸ – ۱۹۷۰)
SE	مشابه SD ، دارای مقدار بیشتری از مواد افزودنی (۱۹۷۱ – ۱۹۸۰) معادل MIL-L-46152 A
SF	مشابه SE اما دارای مواد ضداکسیداسیون و ضدسائیدگی بیشتر (۱۹۸۰ – ۱۹۸۹) معادل MIL-L-46152B,C
SG	مشابه SF با دارابودن کیفیتی برتر از آن با مقدار بیشتری از موادافزودنی (۱۹۸۹-۱۹۹۲) معادل MIL-L-46152D,E
SH	مشابه SG تست شده با روش CMA بادارابودن کیفیتی که آزمون‌های آزمایشگاهی متعددی شامل‌آزمون‌فراریت (Noack) و قابلیت فیلترشدن را بخوبی جواب می‌دهد . (۱۹۹۳– ۱۹۹٦)
SJ	مشخصات مشابه SH تست شده با روش CMA با دارابودن کیفیتی برتر که آزمون‌های Gelatin Index, TEOST Homogenity / Miscibility را جواب می‌دهد (۱۹۹٦- ۲۰۰۱)
SL	سطح کیفیت روغن‌های تولید شده در سال ۲۰۰۲ تست شده با روش Acc code برای مصرف طبق خط مش و قابلیت‌های مورد انتظار API و آزمون درجه گرانروی SAE در موتورهای بنزینی مدرن .

جدول۷-۳

ب) روغن موتورهای دیزلی

API	توضیحـــات
CA	روغن مخصوص خودروهای مدل ۱۹٤۰ تا ۱۹۵۰ با سوخت دیزل (سوخت با درصد گوگرد پائین)
CB	روغن مخصوص خودروهای مدل ۱۹٤۹ –۱۹٦۰ با سوخت دیزلی (سوخت حاوی درصد بیشتری از گوگرد) برای شرایط معمولی کار موتور دیزلی
CC	روغن مخصوص خودروهای مدل ۱۹٦۱ برای استفاده در خودروهای دیزلی درشرایط کاری متوسط تا سخت . مطابق با استاندارد MIL-L 2104B
CD	روغن مخصوص خودروهای دیزلی مدل ۱۹۵۵ به بعد . برای استفاده درخودروهای دیزلی با سوخت نامرغوب (درصد گوگرد بالا حدود ۰/۵٪) و شرایط کاری سخت موتورهای دارای سیستم سوپر شارژ و توربوشارژ و موتورهای بنزینی که در شرایط سخت کار می‌کنند مطابق با استاندارد MIL-L 2104C , D
CD-II	روغن‌مخصوص دیزل‌های دو زمانه مدل ۱۹۸۷ این روغن با مشخصات سطح کیفیت CD نیز مطابقت دارد .
CE	روغن مخصوص دیزل‌های مدل ۱۹۸۷ این روغن برای موتور بعضی ازدیزلهای سوپرشارژ و توربوشارژ طراحی شده است که این شرایط سرعت پائین و باربالا و همچنین سرعت بالا ، باربالا کار می‌کنند . مطابق با استاندارد MIL-L 2104E
CF-4	روغن مخصوص دیزل‌های چهار زمانه مدل ۱۹۹۰ که با دور بالا حرکت می‌کنند . قابل استفاده بجای روغن با سطوح کیفیت CE , CD . مطابق با استاندارد MIL-L 2104F
CF	روغن مخصوص دیزل‌های سوپرشارژ و توربوشارژ مدل‌های ۱۹۹٤ . این روغن با کارایی سطح کیفیت CD نیز مطابقت دارد .
CF-2	روغن مخصوص دیزل‌های دوزمانه مدل‌های ۱۹۹٤ با سطح کیفیت CD-II نیز مطابقت دارد .
CG-4	روغن مخصوص دیزل‌های چهارزمانه طراحی ۱۹۹۵ که با دور بالا حرکت می‌کنند این روغن‌ها با سطح کیفیت CF-4, CE, CD نیز مطابقت دارند .
CH-4	روغن مخصوص دیزل‌های چهارزمانه طراحی ۱۹۹۸ که با دور بالا حرکت می‌کنند . این روغن‌ها نیاز سطوح کیفیت CF-4, CG-4 را نیز تامین می‌نمایند .
CI-4	روغن مخصوص موتورهای دیزلی سبک ، متوسط و سنگین با ویژگی کاهش اکسیدهای نیتروژن (NOx) تا حد ۵۰٪ با استفاده از گازهای خروجی خنک شده از اگزوز ، بعنوان جایگزین اکسیژن . این روغن‌ها به منظور مقابله با اسیدهای حاصل از NOx دارای قابلیت قلیائی ذخیره بالاتری هستند .

نمودار زیر گرانروی در ٤٠ c یک روغن با شاخص گرانـروی حـدود ۱۰۰ را بـا گرانـروی همـان روغن در ٥٠ c برحسب واحد (cSt) مقایسه می کند و بـرای تبـدیل گرانـروی (cSt) در ٤٠ c به گرانروی درجه انگلر (E) در ٥٠ c مورد استفاده قرار می گیرد .



شکل٥-۳

فصل چهارم :
انواع روغنهای
مصنوعی و گریسها

اهداف فصل:

- آشنائی با انواع روغنهای مصنوعی (SYNTHETIC)
- گریسها : طبقه بندی و کاربرد آنها

۴-۱روغن های مصنوعی یا سینتتیک :

استفاده از روغن های پایه معدنی (روغن های نفتی) بسته به نوع نفت خام بکاررفته ،مواد افزودنی به کار برده شده و شرایط کارکرد روغن دارای محدودیت هائی نظیر : بالا بودن نقطه ریزش بعلت وجود واکس ، مقاومت کم در برابر اکسیداسیون و تولید لجن واسید در روغن ، تغییرات زیاد ویسکوزیته در درجه حرارت های بسیار بالا و بسیار پائین و سایر موارد می باشد.
تمامی این موارد و سایر محدودیت ها سبب گردیده است تا استفاده از روغن های با پایه غیر نفتی (روغن های سینتتیک) در پاره ای از موارد مورد استقبال قرار گیرد . گروه های مختلفی از ترکیبات شیمیائی بعنوان روغن سینتتیک مورد استفاده قرار می گیرند که در ذیل به پاره ای از آنها اشاره می گردد .

۴-۱-۱ آروماتیک های آلکیله شده : این هیدروکربن های سنتزشده با روغن های معدنی سازگار بوده و از آنها بعنوان روغن پایه در ساخت انواع روغن ها استفاده می گردد .

۴-۱-۲ پلی آلفا الفین ها : این نوع روغن ها دارای شاخص گرانروی بالا ، نقطه ریزش بسیار پائین ، سازگاری با روغن های معدنی و مقاومت ضعیف در برابر آتش می باشند ودر ساخت انواع روغن ها با شرایط کارکرد دمائی بسیار گرم و یا بسیار سرد مورد استفاده قرار می گیرند .

۴-۱-۳ دی استرها : خواص جریان بسیار عالی در درجه های پائین ، شاخص گرانروی بسیار بالا ، مقاومت حرارتی خوب و پایداری در برابر اکسیداسیون از مهمترین مشخصه های این نوع روغن ها می باشند و در تولید روغن های موتور و کمپرسورهای هوا پیما استفاده می گردد.

۴ - ۱-۴پلی استرها: مهمترین کاربرد این نوع روغن ها در موتور هواپیماها ، توربین های گاز با درجه حرارت زیاد سیستم های هیدرولیک و تولید گریس برای مصرف در درجه حرارت های با لا می باشد.

۴-۱-۵ پلی گلیکول ها : این روغن ها به دو دسته محلول و نامحلول در آب تقسیم می گردند. روغن های محلول شامل روغن های مقاوم دربرابر آتش ، فلزکاری و روغن ترمز می باشند . روغن های نامحلول نیز بعنوان روغن های انتقال حرارت در یاتاقانها ، کمپرسورها مورد استفاده قرار می گیرند . این روغن ها با روغن های نفتی ناسازگار می باشند.

۴-۱-۶فسفات استرها : مهمترین خاصیت این روغن ها مقاومت در برابر آتش می باشد. سیستم های هیدرولیک ، کمپرسورهای با درجه عملکرد بالا و توربین های گازی مهمترین محل های مورد استفاده این نوع روغن ها می باشد.

۴-۱-۷سیلیکون ها : شاخص گرانروی بسیاربالا ، خواص جریان بسیار خوب در دماهای پائین ، پایداری حرارتی و مقاومت خوب دربرابر اکسیداسیون این روغن ها باعث گردیده تا در ساخت گریسهائی که در دماهای بالا کار می کنند مورد استفاده قرار گیرد . ضمن آنکه در تولید روغن دمپرها و کمپرسورها نیز کاربرد دارد. کشش سطحی بسیار کم این روغن ها باعث گردیده تا تحمل بارهای لغزشی این روغن ها بسیارکم باشد.

۴-۱-۸ سیلیکات استرها : این روغن ها دارای شاخص گرانروی بالا و مقاومت حرارتی بسیار خوب می باشند ودر سیستم های هیدرولیک ، انتقال حرارت ، مایع سرد کننده و روغن کمپرسورهای یخ سازی مورد استفاده قرار می گیرند.

۴-۱-۹فلوئوروکربن ها : مقاومت حرارتی و پایداری بسیار خوب در برابر اکسیداسیون باعث گردیده است تا این نوع روغنها در سیستم های خنک کننده ، عایق های الکتریکی ، کمپرسورهای اکسیژن ، پمپ های انتقال اسیدهای معدنی ، هالوژن ها واکسیژن و همچنین در سردکننده ها و پمپ های توربینی مورد استفاده در موتورهای راکت بطور گسترده مورد استفاده قرار گیرد .

۴-۱-۱۰پلی فنیل اترها : از این روغن ها در مواردی که درجه حرارت کارکرد بسیار بالا بوده و نیاز به مقاومت در برابر تشعشع باشد استفاده بسیار زیادی دارد.ضمن آنکه بعنوان روغن های انتقال حرارت و روغن پایه ساخت گریس نیز مورد استفاده قرار می گیرد .

امروزه با مخلوط نمودن انواع روغن پایه های سینتتیک و استفاده از انواع مواد افزودنی مختلف ، صدها نوع روغن سینتتیک تولید می گردد که با توجه به خصوصیات ومشخصات وهمچنین سازگاری آنها با اجزاءِ سیستم مورد استفاده قرار می گیرد . بالا بودن قیمت تمام شده این نوع روغن ها در قیاس با روغن های معدنی وهمچنین ملا حظات زیست محیطی مانع از بکارگیری گسترده این نوع روغن ها گردیده است .

در جدول ذیل خواص روغن های سینتتیک با روغن های معدنی مورد مقایسه گرفته و میزان سازگاری آنها با اجزاءِ سیستم نیز مورد بررسی قرار گرفته است .

جدول۱-٤ مقایسه خواص روغنهای معدنی با روغن های سینتتیک

خواص نوع روغن	روغن معدني	خواص گرانروي - درجه حرارت	خواص جريان در درجه حرارت هاي پائين	پايداري در برابر اكسيداسيون	مخلوط شدن با روغن هاي معدني	ميزان عدم تبخير	سازگاري با رنگ و جلا	مقاومت در برابر هيدروليز	باد كردن لاستيک بوتا	خواص روغن كاري	پايداري حرارتي	مقاومت در برابر آتش	هزينه
پليمر هاي الفني	خوب	خوب	خوب	متوسط	عالي	خوب	عالي	عالي	هيچ	خوب	متوسط	ضعيف	متوسط
آروماتهاي آلكيله	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	خوب	عالي	عالي	عالي	كم	خوب	متوسط	ضعيف	متوسط
دي استرها	عالي	عالي	خوب	خيلي خوب	خوب	عالي	خوب	متوسط	متوسط	خيلي خوب	خوب	خوب	متوسط
پلي استرها	خيلي خوب	خوب	خوب	متوسط	متوسط	عالي	متوسط	متوسط	خيلي زياد	خيلي خوب	خوب	خوب	متوسط
پلي گليكولها	خوب	خوب	خوب	ضعيف	ضعيف	خوب	متوسط	خوب	كم	خوب	خوب	خوب	متوسط
فسفات استرها	ضعيف	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	خوب	ضعيف	متوسط	خيلي زياد	عالي	عالي	خوب	متوسط
سيليكون ها	عالي	خوب	خوب	خيلي خوب	ضعيف	خوب	خوب	خوب	كم	متوسط	متوسط	خوب	زياد
سيليكات استرها	عالي	خوب	خوب	خيلي خوب	متوسط	خوب	متوسط	ضعيف	كم	متوسط	خوب	خيلي خوب	زياد
فلوئورو كربن ها	متوسط	خوب	خوب	عالي	خوب	متوسط	متوسط	خيلي خوب	متوسط	عالي	خيلي خوب	عالي	خيلي زياد
پلي فنيل استرها	ضعيف	ضعيف	ضعيف	خيلي خوب	خوب	خوب	متوسط	عالي	كم	عالي	عالي	متوسط	خيلي زياد

۴-۲گریس روانکاری Lubricating grease

معمولا" ترکیبی از یک روغن معدنی با یک صابون است ، که برای روانکاری ماشین آلات با سرعت کم یا در جائی که حفظ خاصیت روان بودن یک روغن روانکار مشکل باشد ، مصرف می شود . صابون آن از روغن های حیوانی یا نباتی غنی از اسیدهای استئاریک ، اولییک و پالمیتیک است . استئارات آلومینیم استحکام لایه ای زیاد به گریس اضافه می کند . تمامی گریس ها بیشتر به صورت گریس روانکاری معدنی ساخته می شوند . اصولا" گریس روانکاری ها از چربی گراز یا درجات غیرخوراکی چربی خوک ، با رنگ های متغیر از سفید تا قهوه ای بوده است . بعضی از این گریس ها با زبره هائی از قبیل کلوفون ، موم ، یا طلق سفت می شده که روانکارهای خوبی نبوده اند. سفتی چنین گریسی باید با یک صابون معدنی تامین گردد. مشخصات ASTM برای یاتاقان سرمحور سنگین ، نیازمند محتوای ٤٥ درصد صابون است و حدود ۲ درصد بنزوئات کلسیم نقطه ذوب آن را افزایش می دهد . گریس روانکاری معدنی ممکن است محتوی ۸۰ الی ۹۰ درصد روغن معدنی و بقیه صابون آهکی باشد. مواد شیمیائی ای برای بهبود خواص فیزیکی گریس ممکن است به آن اضافه کرد . بعنوان مثال ، ملح سدیم اسید ترفتالیک به عنوان عامل ژله کننده به گریسهای گرما زیاد به کار می رود ، که مقاومت در برابر آب را اضافه و آن را در برابر امولسیون شدن تثبیت می کند. مخلوطی از آمین های پیچیده به مقدار کم که به گریس اضافه شود ، پایداری در برابر حرارت آن را زیاد می کند . گریس مصنوعی برای موشک ها ، مخلوطی از پرفلوئورو تری آلکیل آمین های ژله شده با تترافلوئورواتیلن است ، که هم برای گرما و هم برای سرما مناسب است وبه صورت چربی خوک نیمه جامد شفاف با نقطه جوش ۲۳۰ $^{\circ}C$ از کار در می آید . گریس روانکاری معروف به گریس تغاری ، که در کارخانه های تهیه غذا برای گریس کاری سینی ها ، میزها و نوار نقاله ها به کار می رود ، دارای روغن معدنی نبوده و خوراکی است . گریس های آهکی ، مانند گریسهای سودائی ، به آسانی امولسیون نمی شوند و لذا برای کاربرد در جائی که آب وجود داشته باشد بیشتر مناسب اند . گریس سفید (گریس جامد) ، در حرارت حدود ۹۰ $^{\circ}C$ روان می شود . گریس متوسط در ۷۵ الی ۸۰ $^{\circ}c$ روان می گردد . مور پارافینی که گاهی اضافه میشود ، یک ماده تقلبی بوده و ماده روانکاری نیست . گریس گرافیتی ، محتوی ۲ الی ۱۰ درصد گرافیت بی شکل بوده و در یاتاقان ها ، بویژه در نقاط مرطوب به کار می رود . برای یاتاقانهای ساچمه ای و یاتاقانهای غلتک دار ، گریس کم آهک ، گاهی مخلوط با درصد کمی گرافیت به کار می رود . گریس سیلندر ، با حدود ۸۵ درصد روغن معدنی یا گریس معدنی و ۱۵ درصد پیه ساخته می شود . گریس های ترکیبی نیز محتوی روغن های حیوانی و نباتی ه و در ترکیب با روغن های معدنی ساخته و داد و ستد می شوند . به هر صورت اسیدهای چرب در روغن های نباتی و حیوانی محتملا" فلزات را می خورند . تانن ،

گرافیت را در محلول نگاه مـی دارد . نـوعی گـریس مرکـب از گـرد فلـز ضـدمالش ، اکـسید و صمغ ها ساخته شده که در سوراخهای یاتاقانها ، جهت تشکیل یاتاقانهـای چـرب بـه کـار مـی رود . نوعی گریس دیگر ، با گرد فلز سرب معلق در گریس برای روانکاری های سنگین بکـار مـی رود . گریس های سفت ، مخلوطی از صابون های کلسیمی اسیدهای کلوفون با درجات مختلـف روغـن های معدنی هستند . گریس های نیمه جامد ارزانی هستند که بـرای روانکـاری چـرخ دنـده هـای سنگین یا برای گریس کاری راههای لغزان (راههائی برای سراندن الوار) بـه کـار میرونـد . زبـره های خاک رسی جهت بهبود استحکام لایه ای ممکن است به آن اضافه کـرد . روغـن جامـد شـده نیزاسمی است که به گریس ساخته شده از روغن روانکاری با یک صابون سـودا و پیـه داده شـده برای یاتاقان های سنگین به کار می رود . گریس پیاله ای ، از صـابون سـودا و روغـن هـای سـبک ساخته شده ، گریس هائی که از صابون های سودا و پتاس ساخته شده اند ، هنگامی که آب وجود داشته باشد ، الیاف صابونی تشکیل می دهند . صابون فلزی که الیافی ندارد ، صابون خالص نامیده شده و گریسی صاف ایجاد میکند . گریـسی کـه از اسـتتارات لیتـیم سـاخته شـده در برابـر آب و گرمای زیاد مقاومت خوبی داشته و ساختمانی کره ای شکل دارد . اسیدهای چـرب بـرای سـاختن گریس را ممکن است با هیدروژن دهی و زدودن اسیدهای چندتائی اشباع نشده آن ، سفت کرد. این گریس ها دارای مقاومت بیشتری در برابر گرما و تغییر رنگ بـوده و صـمغی یـا تـرش نمـی شوند . روغن روکش ، که برای محافظت قطعات ماشین آلات در برابـر خـوردگی حـین حمـل و نقل یا انبار کردن به کار می رود ، معمولا" گریس با نقطه ذوب کم مرکب از چربی مـومی ماننـد لانولین است . پارالان ، چنین روغنی با پایه لانولینی است . سیلیکونها و فلوئور و سـیلیکونها نیـز بـه عنوان گریس به کار می روند و گرچه در سرعت و دماهای زیاد خوب بـوده و در برابـر شـسته شدن توسط آب مقاوم اند ، ولی ، دارای ظرفیـت بـاربری محـدودی هـستند . نـوعی از آنهـا بـا کاربرد پولیول استر به عنوان مـایع مبنـا بارهـائی تـا حـدود ۲۶۶ کیلـوگرم ، در مقایـسه بـا ۱۲۳ کیلوگرم سیلیکونهای معمولی و دمای ٤٦-C ° ۱۸۲ را مقاومت می کند .

فصل پنجم :
اصول روانکاری و روشهای آن

اهداف:

- آشنائی با روشهای روانکاری
- اصول و اهمیت پایش روانکاری
- اهمیت و لزوم برنامه جهت روانکاری ماشین آلات

_ نکات ایمنی و بهداشتی و نحوه انبار و نگهداری روغن ها

۵-۱روشهای روانکاری :

پس از انتخاب روان کننده مناسب ، طراحی و انتخاب سیستم روانکاری از اهمیت بسزائی برخوردار می باشد . روشهای روانکاری را شاید بتوان به سه دسته کلی زیر تقسیم نمود.

۵-۱-۱ روش یکبار مصرف : در این سیستم در دوره های زمانی مشخص ، مقادیر کمی از روان کننده ها وارد سیستم شده و پس از استفاده ، به مخزن ضایعات تخلیه می گردد. این سیستم عمدتا در ماشین الات دارای دنده های باز و ریسمانهای سیمی ، زنجیرها و یاتاقانهای غلطان و بعضی از سیلندرها ، یاتاقانها و دنده های بسته مورد استفاده قرار می گیرد . اساس کار این سیستم تغذیه روغن از یک ظرف روغن مانند شیشه ، بطری و نظائر آن و انتقال به محل روغنکاری توسط : فتیله ، نازل پاششی ، شیر سوزنی ، ریسمان ، پمپ پلانجر و لوله موئین هوا می باشد . میزان ضایعات و آلودگی محیط زیست بالا از معایب این روش می باشد .

۵-۱-۲ روش استفاده مجدد : در این روش روان کننده پس از استفاده در مخزن جمع آوری گردیده و مجددا جهت روانکاری در سیستم به گردش در می آید . انواع مختلف این روش به شرح ذیل می باشد :

الف – سیستم های گردشی که در آن روغن از یک مخزن مرکزی به تمام یاتاقانها ، دنده ها و اجزاء دیگر که به روانکاری نیاز دارند انتقال یافته و تمام روغن مجددا به مخزن برگشته و پس از فیلتراسیون و خنک شدن مورد استفاده قرار می گیرد .

ب – روغن کاری بوسیله حمام روغن که دارای ظرف روغن با سطح ثابت روغن بوده و محل روغنکاری در آن غوطه ور می گردد. از این سیستم برای روانکاری یاتاقانهای کف گرد هیدرودینامیک با محور عمودی استفاده می گردد.

ج- روغنکاری توسط رینگ ، زنجیر و طوقه : در این روش روغن بوسیله یک رینگ از مخزن روغن ودر اثر چرخیدن محور برداشته شده ، مقداری از روغن ازروی رینگ در نقطه ای که رینگ با محور یاتاقان در تماس است برداشته شده و بوسیله شیارهای مناسب روی یاتاقان پخش می شود . پس از آنکه روغن روی یاتاقان جریان یافت برای استفاده مجدد به مخزن اصلی باز می گردد . مورد استفاده این روش یاتاقانهای با سرعت متوسط می باشد .

۵-۱-۳- سیستم های مرکزی روانکاری ، انواع ، مزایا و معایب آن

استفاده از این سیستم ها برای تامین روغن یا گریس جهت قطعاتی که نیاز به روانکاری دارند به مقدار زیاد رو به افزایش است . سیستم های روانکاری مرکزی ، امروز در وسایل صنعتی ثابت و متحرک در فرآیندهاو قطعات خط تولید و همچنین در ماشین ابزار مورد استفاده قرار می گیرند. این سیستم ها دارای مزایائی به شرح ذیل می باشند :

۱- کارکرد مطمئن ماشین را بهبود می بخشد.

۲- هزینه نیروی انسانی کمتری دارد.
۳- زمان توقف ماشین آلات را جهت روغن کاری کاهش می دهد.
٤- حداکثر استفاده مؤثر و مفید از روغن را ایجاد می نماید.
۵- به خاطر استفاده مؤثر از روغن ، هزینه خرید روغن را کم می کند.
۶- روغن کاری کلی ماشین آلات را بهبود می بخشد.
۷- با کنترل کردن مصرف روغن ، ضایعات روغن را کاهش می دهد.
۸- به خاطر کمتر کردن ریزش روغن ، باعث تمیز ترشدن ماشین آلات ومحوطه کارخانجات وکارگاهها می گردد.

طراحی این سیستم ها بایستی کاملا دقیق و اصولی باشد . همچنین باید در نظر داشت که این سیستم خود یک ماشین با قطعات مختلف است وباید بطور متناوب مورد بازرسی قرار گرفته و مانند ماشین آلات دیگر برنامه تعمیر و نگهداری داشته باشد.

۵-۲اجزاء اصلی سیستم مرکزی روان کاری :

این سیستم شامل یک مخزن ذخیره روغن و گریس ، یک پمپ برای ایجاد جریان ، یک شیر کنترل جهت هدایت روغن ، یک یا چند شیر اندازه گیری جهت انداره گیری روغن هدایتی و یک شیر اطمینان جهت بازگرداندن روغن اضافی به مخزن ذخیره می باشد .

این سیستمها به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم طراحی می گردد.

در سیستم مستقیم ، پمپ روغن را فشرده و پس از اندازه گیری به نقاط مورد نظر ارسال می نماید . در سیستم غیر مستقیم با استفاده از پمپ ، روغن با فشار به شیرهای مختلف مجهز به وسائل اندازه گیری فرستاده شده و توسط این شیرها ، روغن به محل موردنظر منتقل می گردد.

۵-۳انواع سیستمهای غیر مستقیم :

۱- سیستم موازی : در این سیستم یک جریان اصلی روغن (Header) وجود دارد و انشعابات مختلف با شیرهای اندازه گیری از آن گرفته شده است. این سیستم می تواند بصورت چند خطه موازی نیز باشد.
۲- سیستم سری : در این سیستم شیرهای اندازه گیری بطور پیوسته و سری می باشد ووقتی روغن در خط اصلی ، تحت فشار عملکرد قرار گرفت شیر اول عمل کرده و سپس روغن به شیر بعدی هدایت می گردد. در این سیستم اگر یکی از شیرها خراب گردد جریان روغن در بقیه شیرها متوقف می گردد.

سیستم های مرکزی روغن کاری که توسط هوا فعال می شوند :
این سیستم ها که جایگزینی برای سیستم های مرکزی می باشند ، به دو دسته مه روغن و هوا- روغن تقسیم می گردند :

۵-۳-۱ سیستم مه روغن : در این روش هوا با فشار ۳۵۰- ۷۰ کیلو پاسکال روغن را اتمیزه نموده و به قطراتی به اندازه ۳ ۱ میکرون تبدیل می نماید . کوچکی این ذرات باعث تولید مه روغن معلق در هوا می نماید . مه روغن تولیدی توسط جریان هوا به محل نهائی مصرف رسیده ، به قطرات بزرگتر تبدیل و باعث مرطوب نمودن سطوح روانکاری می گردد. اندازه ها ی مختلف قطرات براساس انواع نازلها شامل : نازلهای مه اسپری و مایع کننده تعیین می گردد.

الف – نارل های مه : از این نازل ها برای روغنکاری یاتاقانهای غلتشی با سرعت زیاد که در محفظه های دارای تهویه قرار دارند استفاده می شوند .

ب – نازل های اسپری : از این نازل ها برای روغنکاری زنجیرها و جعبه دنده های باز استفاده می شود.

ج – نازل های مایع کننده : از این نازل ها برای روغنکاری مسیرهای لغزشی با سرعت کم ، مسیرهای ماشین ابزار و یاتاقانهایی که دارای نگهدارنده های بالشتکی می باشند استفاده می شود .

مزایا :

۱ – جریان تازه روغن بطور مداوم را فراهم می کند .

۲ – فشار سیستم مه روغن ، باعث کم کردن آلودگی ها در سیستم می شود.

۳ – سیستم دارای قطعات متحرک و یا مکانیسم های دورانی نمی باشد .

٤- دارای سیستم های هشداردهنده برای سرعت جریان و سطح روغن می باشد .

۵- مصرف کم روغن باعث کاهش هزینه های روغن کاری می شود .

۶- به علت عدم وجود اصطکاک داخلی روغن ، درجه حرارت محفظه یاتاقان تا ۳۰ c کاهش می یابد .

معایب :

۱ – تنظیم وثابت نگهداشتن جریان مشکل است .

۲- اگر سیستم دارای جداساز مه نباشد ، ممکن است بعضی از مشکلات زیست محیطی رخ دهد.

۳- به تغییرات درجه حرارت بسیار حساس است . اگر درجه حرارت کمتراز C۲۱ باشد ، باید از یک گرمکن روغن استفاده کرد تا گرانروی روغن به حدی برسد که از تشکیل مه مناسب اطمینان حاصل گردد.

همچنین روغن هائی که دارای گرانروی بیش از ۲۱۶ سانتی استوک در C٤٠هستند ، معمولا نیاز به گرمکن دارند تا گرانروی آنها به اندازه کافی کم شود که بتوانند یک مه پایدار تولید نمایند.

٤- جهت گرفتن بخارهائی که به قطرات روغن تبدیل شده اند ، نیاز به مسیرهای برگشت و تهویه می باشد.

۵- در صورت گرم شدن بیش از حد روغن ، احتمال اکسید شدن آن وجود خواهد داشت . این مساله می تواند باعث تولید لجن در سوراخ های خروجی نازل گردد.

۵-۳-۲سیستم هوا – روغن :

این سیستم های اخیرا" توسعه یافته سیستم هائی هستند که در آنها یک جریان ثابت هوا مقدار کمی از روغن را به محلی که باید روغنکاری شود ، حمل می کند . جریان ثابت هوا ، دارای مقدار کمی روغن است که در فواصل زمانی معین به داخل جریان هوا تزریق می شود . در داخل لوله انتقال ، قطرات روغن در طول قطر داخلی لوله دارای حرکت مارپیچی می باشند . هوای فشرده نیز به عنوان عامل اولیه حرکت قطرات روغن می باشد. پس از ورود روغن به داخل محفظه یاتاقان ، از طریق یک وسیله اندازه گیری به قطعات مختلف که بایستی روغنکاری شوند ، توزیع می شود تا اطمینان حاصل گرددکه یک لایه روغن روی قطعات مختلف تشکیل شده است .

مزایا:

۱- از آنجا که این سیستمها باعث ایجاد فشار در محفظه یاتاقانها می شود از ورود آلودگی های احتمالی به محفظه یاتاقانها جلوگیری می کند و در نتیجه احتمال آلوده شدن سطح یاتاقانها کم می شود .
۲- مصرف روغن کم می شود.
۳- محیط اطراف ماشین تمیز می ماند .
٤- به علت کم کردن آلودگی ها و همچنین درجه حرارت یاتاقان ، طول عمر یاتاقان افزایش می یابد.
۵- تنظیم جریان هوا و مشاهده جریان هوا و روغن ، بسیار آسان انجام می گیرد .
۶- کاربرد آن برای سرعت های بالا ، بسیار عالی می باشد .
۷- هوای فشرده باعث خنک نگهداشتن یاتاقانهای در حال کار می شود .

معایب :

۱- نیاز به لوله کشی اضافی دارد .

۲- هزینه زیادی برای فراهم کردن قطعات مورد نیاز است .

۳- احتمال ایجاد خوردگی روی شفتها زیاد است .

٤- سیستم و محیط اطراف آن بایستی کاملا" تمیز نگهداری شود .

۵- به علت استفاده از وسائل پیچیده در این سیستم جهت توزیع هوا وروغن در صورت بروز مشکل فنی ، تعمیرات آن مشکل می گردد .

۵-۴تاثیر برنامه روانکاری نوین در افزایش کارآئی ماشین آلات

تجربیات کشورهای پیشرفته و صنعتی نشان می دهد که برای حضور در بازار رقابت یکی از مهمترین عوامل ، تمرکز بر روی هزینه های تعمیرات و نگهداری و کاهش آنها با انجام برنامه روانکاری پایدار (Lubrication Reliability Program) و حداکثر سرمایه گذاری در این بخش می باشد .

تعریف و مفهوم روانکاری در دنیای پسا مدرن مانند دیگر تعاریف و مفاهیم دستخوش تغییرات بنیادی شده است . در گذشته ای نه چندان دور اغلب متخصصین ، کارشناسان و صاحب نظران علم تریبولوژی و روانکاری ، متفق القول ، روانکاری و هزینه های مرتبط را در قالب چهارضلعی روانکار مناسب ، مقدار مناسب ، زمان مناسب و مکان مناسب ترسیم کرده و شرط موفقیت یک برنامه روانکاری را که منجر به کاهش هزینه ها میشود ، منوط به اجرای دقیق و پیاده سازی توامان اضلاع مربع یاد شده می دانستند . اما امروزه "مربع جامع دیروز " مقدمه ای بیش محسوب نمی شود . براساس نظریه های جدید علاوه بر لزوم اجرای مربع یاد شده ، لحاظ هزینه هائی مانند هزینه سایش ، هزینه های تعمیرات و نگهداری ، هزینه های عملیاتی و از همه مهمتر قوانین ، ملاحظات و الزامات زیست محیطی از چنان اهمیت فوق العاده ای برخوردار شده اند که بدون در نظر گرفتن تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم آنها در محاسبات هزینه های روانکاری ، عملا" برنامه روانکاری ناقص خواهد بود .

در این بخش علاوه بر پرداختن هدف های "برنامه روانکاری پایدار" که بیشتر مشتمل بر ارائه راهکارهای آزمون شده توسط شرکتهای معتبر جهانی است ، سعی در گسترش بحث از سطح کلان به خرد و از تولید کننده به مصرف کننده را دارد و می کوشد با بیان مثالی ملموس در مورد خودرو ، اهمیت و منافع اقتصادی تغییر نگرش به روانکاری در یک سیستم مکانیکی کوچک را نشان دهد .

سایش ، معضل پنهان :

براساس مطالعات آماری ، چنانچه ترنی با طول معادل ۱۳۰ خودروی سواری فاصله بین تبریز تا مشهد را رفت و برگشت طی کند ، میزان ذرات فولاد ناشی از سایش قطعات مختلف به ویژه ما بین ریل و چرخ های ترن ، حدود یک تن خواهد بود . بطور کلی بیش از ۸۰ درصد از ۱۵۰۰ میلیارد دلار خسارت سالانه ناشی از روانکاری نامناسب یعنی ۱۲۰۰ میلیارد دلار ، نتیجه سایش است .

در سال ۱۹۹۰ ، کشور کانادا بابت آسیب های ناشی از سایش و اصطکاک ، متحمل ۲/۵ میلیارد دلار زیان شد ، که در همان سال این رقم برای ایالات متحده به دلیل تعدد بیشتر صنایع و کارخانه ها ۲۰۰ میلیارد دلار ذکر شده است .

وظائف عمده هر روانکار به دو بخش تقسیم میگردد :

۱- کاهش سایش ، اصطکاک و حرارت

۲- محافظت از قطعات و بخشهای مختلف دستگاه در مقابل عوامل مخرب .

بررسی ها نشان می دهد که یکی از پارامترهای اصلی تشدید کننده سایش در موتور ، عدم استفاده از روانکار مناسب و آلودگی آن است . در موتور خودروها ، بیش از ۷۰ درصد سایش در لحظات اولیه شروع به کار حاصل می شود که عدم انتخاب ویسکوزیته مناسب روغن به تشدید این پدیده کمک می کند .

نتایج یک بررسی بر روی ۱۱۵۰ خودروی سنگین ، متوسط هزینه های عملیاتی آنها را بصورت زیر نشان می دهد :

هزینه سوخت ۳۷ درصد ، هزینه تعمیرات ۲۷ درصد ، استهلاک ۱۶ درصد ، هزینه های بالاسری ۱۳ درصد ، تایر ۶ درصد و روانکار یک درصد . طی یک برنامه مدون روانکاری ۲ ساله که شامل تغییر نوع روغن و استفاده از سطح کیفی بالاتر ، آنالیز روغن و کنترل آلودگی های موجود در روانکار با استفاده از فیلترهای مناسب تر بود ، متوسط هزینه سوخت ۱۰ درصد و هزینه تعمیرات حدود ۵۰ درصد تقلیل یافته است به بیان دیگر هزینه سوخت از ۳۷به ۳۳/۳ درصد و هزینه تعمیرات از ۲۷ به ۵/۱۳ درصد کاهش پیدا کرد و این در حالی بود که هزینه روانکار تنها از یک درصد به ۲ تا حداکثر ۳ درصد افزایش یافته بود . با نتایج یاد شده مشخص می شود که در نهایت ، سالانه ۱۵ درصد از کل هزینه های یک خودرو قابل تبدیل به سود است . علاوه بر این ، به علت استفاده از روانکار بهتر ، فاصله زمانی تعویض روغن افزایش یافته که این موضوع کمک قابل ملاحظه ای به حفظ محیط زیست و در سطح کلان ، حفظ منابع تجدید ناپذیر میکند .

کیفیت برتر ، هزینه کمتر

همانطور که پیش تر ذکر شد ، دو هدف عمده از بکارگیری "برنامه روانکاری پایدار" ، کاهش هزینه ها و حفظ محیط زیست است و این دو هدف حاصل نمی شود مگر با اصلاح کیفیت محصول .

کیفیت بهتر نتیجه مستقیم فرایند تولید بهتر است و کلید حصول به این مهم ، شناخت دقیق پارامترهای موثر بر بخش تعمیرات و نگهداری خواهد بود . برنامه روانکاری پایدار ارتباط تنگاتنگی با برنامه تعمیرات دارد و از بیشترین اثرگذاری برخوردار است .

امروزه روانکاری تنها روغن کاری ماشین الات نیست ، بلکه مفاهیم نوینی مانند حفظ هزاران نقطه در دستگاه در برابر آسیب ها و با استفاده از روانکار مناسب و در زمان مناسب برای محافظت از قطعات و تداوم تولید با کیفیت بالاتر ، تعریف جدید روانکاری را تشکیل می دهند . در این تعریف مواردی مانند :

١- صرفه جوئی در مصرف انرژی و روانکار
٢- صرفه جوئی در هزینه های کارگر
٣- حفظ منابع تجدید ناپذیر
٤- کاهش هزینه تعمیرات و قطعات یدکی
٥- بهبود کمی و کیفی تولید
٦- آلودگی کمتر محیط زیست

از جمله هدف های برنامه محسوب میشوند که باید به آنها دست یافت .

بطور کلی ، اجرای "برنامه روانکاری پایدار" که از آن با عنوان "مدیریت جامع سیستم " نیز یاد میشود ، در سه حوزه مجزا شکل می گیرد و در نهایت به یک هدف نهائی یعنی " کیفیت برتر ، هزینه کمتر و محیط زیست سالم تر " منجر میشود .

نمودار زیر سه حوزه یاد شده و زیر شاخه های مرتبط با آن را نشان میدهد .

مثالي عملي از كاهش هزينه ها

یک شرکت فعال در زمینه استخراج سنگ آهن که عمده ترین وحساس ترین ماشین های مورد استفاده در معدن آن ، ٤ عدد بیل مکانیکی است سالیان متمادی با هزینه یک میلیون دلاری به منظور تعمیرات سیستم های هیدرولیک بیل های مکانیکی در گیر بوده است . نزدیک به ٧١ درصد این هزینه یعنی ٧١٠هزار دلار آن برای تعمیر پمپ ها ، شیرها و سیلندرها به مصرف رسیده و این هزینه به جز خسارت ناشی از توقف بیل ها است که به طور متوسط دو هزار دلار در ساعت برآورد میگردد .

تیم روانکاری تشکیل شده در سال ٢٠٠٠ با هدف کشف و ریشه یابی علت خرابی های متعدد سیستمهای هیدرولیک این شرکت فعالیت خود را بر روی پمپها ، شیرها و سیلندرها متمرکزکرد .

با بررسی نتایج پراکنده آنالیز روغن طی سه سال به این نتیجه رسید که ذرات سایشی و فرسایشی موجود در روغن برحسب استاندارد ISO ٤٤٠٦ بطور متوسط ۱۶ ، ۲۰ و ۲۱ بوده است در حالی که استاندارد ، حد مجاز آلودگی را ۱۱ ، ١٤ و ۱۶ تا ۱۲ ، ۱۵ و ۱۷ ذکر می کند . این نتایج در کنار اظهارات مکانیک ها و اپراتورها ، اعضای تیم را به سرعت متوجه فیلترهای موجود در سیستم کرد .

پس از مشورت با سازنده دستگاه و متخصصین فیلتراسیون ، مقرر شد که بدون تغییر نوع فیلترهای موجود که از نوع کاغذی ۱۰ میکرون بود ، به صورت موازی دو فیلتر مشابه نصب شود . پس از ۱۸ ماه از این تغییر و بهبود کیفیت روانکار مصرفی ، گزارش آلودگی ذرات روغن ، عدد ۱۲ ، ۱۵ و ۱۸ را نشان می داد که به معنای ۱۲ بار آلودگی کمتر می باشد . این تیم انتظار دارد که در سال ۲۰۰٤ این اعداد به ۱۲ ، ١٤ و ۱۶ برسد .

گرچه هنوز برای قضاوت نهائی و نتیجه گیری قطعی زمان مناسبی نیست ، اما در همین مدت اجرای برنامه ، عمر اجزای سیستم هیدرولیک ۲ تا ٤ برابر افزایش یافته است و صرفه جوئی حاصل از تعمیرات ، حدود ۲٤۰ هزار دلار یعنی ۲۵ درصد کل هزینه تعمیرات سالانه بوده است . این رقم تنها صرفه جوئی حاصل از هزینه های کارگر ، قطعات و نگهداری می باشد و شامل فواید حاصل از افزایش تولید و بهبود راندمان عملیاتی نبوده است .

امروزه صنایع پیشرفته ، روانکارهای (Preventive Maintenances Lubricant(PM را جایگزین روانکار کرده اند و انتخاب هر نوع روغن و یا گریسی را منوط به دارا بودن بالاترین کیفیت ، حداکثر محافظت و حداقل خسارت می دانند . شعار شرکت های برتر امروزه انتخاب بهترین ، بجای ارزانترین است .

۵– ۵نکات ایمنی و بهداشتی و نحوه انبار و نگهداری روغن ها

۱- محیط و نحوه انبارش :

- محیط انبار باید سرپوشیده ، تمیز ، خشک و عاری از آلودگی به غبار و گرد و خاک ، رطوبت و ذرات فلزی بوده و دارای تهویه مناسب باشد . ضمن اینکه در احداث انبار روغن باید دقت نمود که خطوط لوله های بخار ، کوره ها و سایر منابع حرارتی در نزدیکی محل انبار واقع نشده باشند .
- دسترسی به ظروف جهت برداشت و جابجائی ، مناسب و راحت بوده و نحوه استفاده از ظروف انبارش شده بصورت(First out First in-FIFO) باشد .

- دمای انبار بایستی متعادل و یکنواخت بوده و به طریقی باشد که شرایط انجماد محصول را به دنبال نداشته و از نوسانات شدید حرارتی و نور مستقیم خورشید به دور باشد . حداکثر دمای نگهداری ظروف روغن ۶۰ درجه سانتی گراد است .
- انبار روغن می بایست مجهز به کپسولهای اطفاءِ حریق مانند کپسول CO_2 کف و یا مواد شیمیائی خشک کن و جعبه های حاوی شن باشد .
- نور انبار باید مناسب و کافی باشد تا نور مناسب به هنگام حمل و نقل وجود داشته باشد . ضمن اینکه از انبار نمودن ظروف روغن در کنار مواد اکسیدکننده و فعال از نظر شیمیائی بایستی خودداری گردد .
- اصولاً انبار داری روغن در محیط باز توصیه نمی شود ، ولی در صورت اجبار باید بشکه ها (یا سایر ظروف) را بر روی یک بلوک و به فاصله چند سانتی متری از کف زمین قرارداد تا از فرورفتگی ، تماس با رطوبت و زنگ زدگی بدنه جلوگیری گردد .
- بهتر است بشکه ها بصورت افقی ، به شکل ۳×۲ بر روی یکدیگر قرار گیرند ، در حالیکه سوراخ های درب آنها در امتداد خط افق نسبت به زمین به حالت ساعت ۲:۴۵ باشد . در این حالت سوراخهای درب بشکه در زیر سطح روغن قرار گرفته و در نتیجه احتمال نفوذ آب و رطوبت داخل بشکه وجود ندارد .
- برای اطلاع از نشتی های احتمالی ناشی از صدمات حمل و نقل ، بازدید دوره ای از انبار ضروری است . همچنین در صورت اتمام زمان انبارش مجاز ، توصیه می گردد جهت نمونه برداری از مواد و بررسی مشخصات کلیدی آنها ، به کارشناسان شرکت تامین کننده اطلاع داده شود . قابل ذکر است که نمونه برداری بایستی در ظروف تمیز و درپوش دار انجام پذیرد و از آلوده شدن نمونه جلوگیری گردد .

۲- نحوه حمل ظروف و روغن ها :

- به هنگام حمل بشکه ها ، هرگز نباید آنها را از داخل کامیون حامل ، بر روی زمین پرتاب نمود . زیرا ممکن است بشکه ها باز یا سوراخ شوند که به دنبال آن نشت روغن به بیرون و یا ورود آلودگیهای مختلف به داخل بشکه ، امری بدیهی است . روش صحیح حمل ، استفاده از نردبانهای مخصوص ، بالابرهای دستی و یا هیدرولیکی است .
- برای انتقال و ریختن روغن ها در محل مصرف ، بایستی از ظروف و وسایل تمیز استفاده نمود و باید دقت کرد که هر ظرف فقط برای یک نوع روغن مورد استفاده قرار گیرد .

۳- نکات ایمني و کمکهاي اوليه :

- در صورت تماس روغن با پوست ، ناحیه آلوده شده با آب و صابون شستشو داده شود و در صورت ایجاد خارش شدید ، با مشورت پزشک از داروهای مناسب استفاده گردد . به هنگام تماس مداوم بهتر است از دستکش ایمنی استفاده شود .
- چنانچه امکان تماس روغن با چشم وجود دارد از عینک ایمنی استفاده شود . در هنگام تماس ناخواسته ، چشم با مقدار زیادی آب به مدت ۱۵ دقیقه شستشو داده شود و در صورت احساس درد و یا قرمز شدن چشمها ، به پزشک مراجعه گردد .
- چنانچه روغن وارد معده گردید ، از بالا آوردن محتویات معده جلوگیری شود . دهان با آب شستشو داده شده و مقداری آب به شخص نوشانده شود . در صورت بروز موارد حادتر به پزشک مراجعه گردد.
- بخارات متصاعد شده از روغن ها مشکل تنفسی به وجود نمی آورد . در صورت بروز احتمالی مشکلات تنفسی به هنگام کار با این محصولات ، دهان و بینی با مقدار زیادی آب شستشو داده شده و به هر میزان که ممکن است آب به شخص حادثه دیده نوشانده شود . در صورت بروز موارد حادثر به پزشک مراجعه گردد.

٤- موارد مربوط به حريق :

- روغن ها باید از حرارت بالا و آتش دور نگه داشته شوند .
- محل نگهداری و استفاده روغن ، بایستی مجهز به کپسولهای اطفاءِ حریق ، مواد شیمیائی خشک کن و جعبه های حاوی شن باشد .
- در صورت بروز آتش سوزی نباید از آب برای اطفاءِ حریق استفاده کرد ، زیرا دانسیته پائین روغنها سبب شناور شدن و گسترش حریق بر روی بستر آب می گردد.

٥- تجزيه حرارتي :

- به هنگام تجزیه حرارتی روغن ها ، اکسیدهای کربن ، گوگرد ، نیتروژن ، فسفر ، سولفید- هیدروژن ، آلدئیدها و بخارات آلی تولید می گردد .

٦- مواد مربوط به نشتي و دفع روغن :

- در صورت کم بودن مقدار نشتی روغن ، از مواد پاک کننده و خشک کننده و در صورت زیاد بودن آن از پمپهای خلاءِ و مواد خشک کننده استفاده گردد . بطور کلی روش تخلیه در محیط زیست به طریقه ایمن و مطابق با قوانین و مقررات محلی می باشد و بایستی از وارد شدن روغن به آبها و جریان فاضلاب جلوگیری گردد.

"دکتر جیمزساندی" با بیان خطرناک بودن استنشاق بخار روغن های کمپرسور پایه استر ، خاطر نشان کرده است که چنانچه در محیطی که این روغن ها مورد استفاده قرار می گیرند ، حرارت بالا رود ، خطرات دیگری همچون تشکیل گازهای CO و CO۲ نیز وجود خواهد داشت و مهمتر از همه اینکه ، حواس پنج گانه قادر نیستند هیچگونه علا یمی که از حضور این ترکیبات در محیط خبر می دهد را تشخیص دهند .

در سالهای گذشته تولید کنندگان اسباب بازی به دلیل وجود مواد مشابه به این ترکیبات ، مجبور به حذف آنها از مواد تشکیل دهند اسباب بازی های کودکان شده بودند . این در حالی است که امروزه تحقیقات دانشمندان نشان میدهد که مواد سمی موجود در روغن های کمپرسور ۶ برابر مواد مشابه در ترکیبات موجود در اسباب بازی ها است . استرالیا نخستین کشوری است که قوانین سختی را به منظور مقابله با این پدیده وضع کرده و سازندگان کمپرسور را مجبور ساخته تا برای کاهش حضور بخار روغن در هوا تجهیزات تصفیه و فیلترهای ویژه ای را تعبیه کنند .

فصل ششم

بررسی یک مورد عملی

اهداف فصل:

۱- آشنایی با روشهای روانکاری در یک ماشین دوار نظیر کمپرسور

۲- آشنایی با اجزا کنترل در سیکل روغنکاری

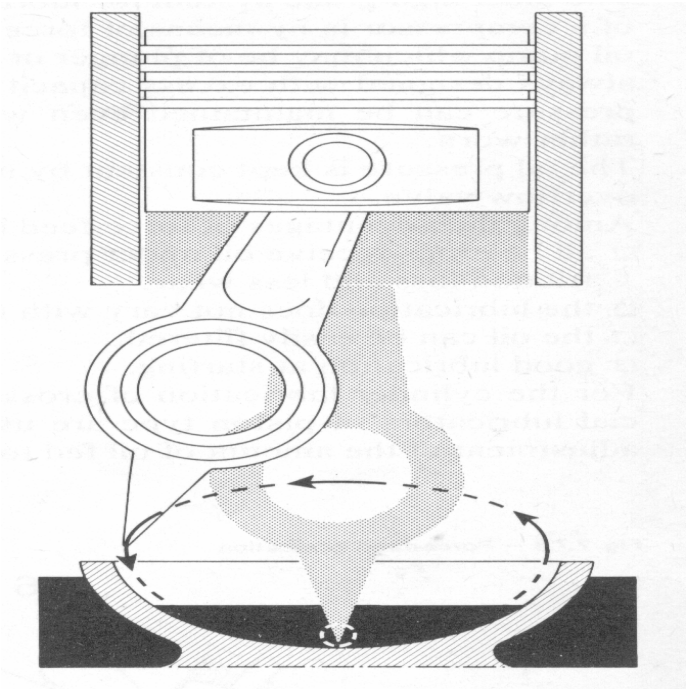
۶-۱- دسته بندی روش‌های روانکاری

سیستم روانکاری در عملکرد و عمر مفید قطعات کمپرسور نقش بسزائی داشته و به همین خاطر کیفیت عملکرد آن همواره باید مورد توجه واحد بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری قرار گیرد.

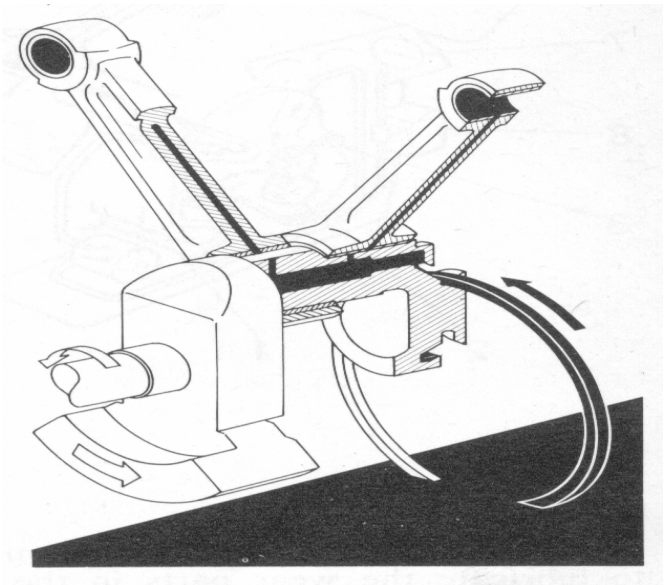
روانکاری کمپرسور را می‌توان به ٤ دسته تقسیم کرد:

۱- روانکاری بروش پاششی. (شکل ۱-۶)

۲- روانکاری بروش ثقلی (شکل ۲-۶)



شکل (۱-٦): روانکاری بروش پاششی

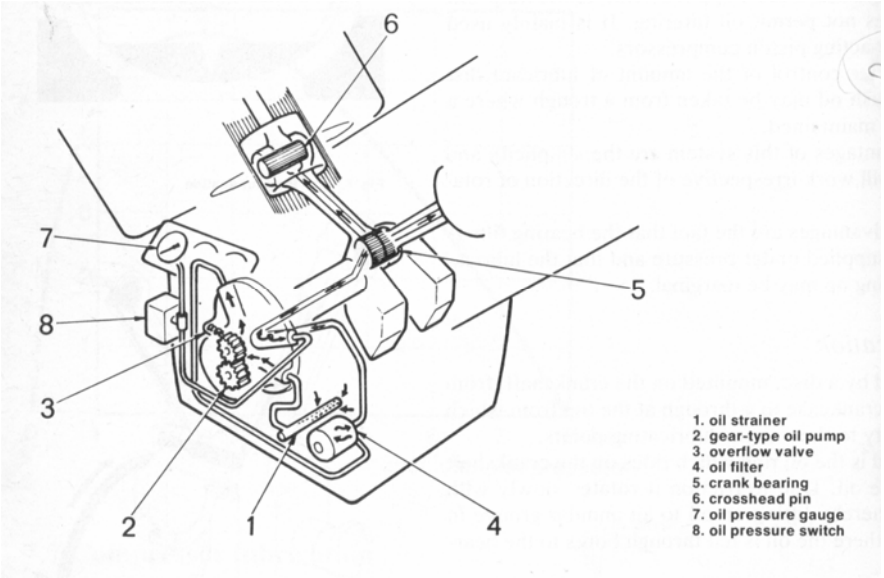


شکل (۲-٦):روانکاری بروش ثقلی

روشهای ۱و ۲ برای کمپرسور تناوبی کوچک و غیر صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کیفیت روانکاری بروشهای پاششی و تقلی چندان مطلوب نبوده ولی در عوض باعث کاهش قیمت کمپرسور می‌شود و به همین خاطر در کمپرسورهای ارزان قیمت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-روانکاری بروش اجباری (شکل ۳-۶)

٤- روانکاری بروش تزریقی (شکل ٤-۶)



شکل (۳-٦): روانکاری بروش اجباری

شکل (٤-٦): روانکاری بروش تزریقی

در روغن کاری بروش اجباری از پمپ روغن (Oil Pump) که عموماً از نوع دنده ای (Gear Type) می‌باشد استفاده می‌شود. در کمپرسورهای جدید و گران قیمت، برای روان کاری کمپرسور از ۲

پمپ روغن استفاده می‌شود که شامل پمپ روغن اصلی (Main Oil Pump) و پمپ روغن کمکی (Auxiliary Oil Pump) می‌باشد.

جهت جلوگیری از آسیب دیدگی قطعات در زمان راه اندازی، ابتدا پمپ روغن کمکی برای یک دوره زمانی کوتاه (حداکثر تا چند دقیقه) روشن شده و بعد از روغن کاری مقدماتی قطعات کمپرسور و رسیدن فشار روغن به میزان پیش بینی شده (ویا گذشت زمان مورد نظر) کمپرسور روشن شده و پمپ روغن اصلی وارد مدار گردیده و پمپ روغن کمکی از مدار خارج (خاموش) می‌شود.

روانکاری بروش تزریقی غالباً برای کمپرسورهای دورانی (نظیر مارپیچی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش از فشار گاز خروجی کمپرسور به‌عنوان نیرو محرکه جهت روانکاری استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که عملیات روانکاری برروی کیفیت خنک کاری کمپرسور نیز تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال در کمپرسورهای دورانی درصد بالائی از حرارت تولید شده در هنگام تراکم، توسط روغن از کمپرسور خارج شده و در یک مبدل حرارتی به بیرون نخلیه می‌شود.

۶-۲- روغن کاری کمپرسورهای تناوبی

مهمترین قطعاتی که در کمپرسورهای تناوبی باید روانکاری شوند عبارتند از میل لنگ، یاطاقانهای ثابت و متحرک، بوش گژن پین، شافت‌هادی، سیلندرها و... .

در بعضی از کمپرسورهای تناوبی روانکاری سیلندرها توسط یک پمپ روغن جداگانه که به‌صورت قطره ای روغن را ارسال می‌کند صورت می‌پذیرد.

در کمپرسورهای خشک (Oil Free)، سیستم روانکاری و قطعات کمپرسور طوری طراحی می‌شوند که روغن به محفظه تراکم نرسد. بدیهی است در این کمپرسورها، روانکاری سایر قسمتهای کمپرسور نظیر میل‌لنگ، یاطاقانها، بوش گژن پین، شاتون، شافت‌هادی و... مشابه کمپرسورهای روانکاری شونده (Labricated) می‌باشد. فشار روغن در سیستم روانکاری کمپرسورهای تناوبی به شرایط طراحی و بهره‌برداری از کمپرسور بستگی داشته و عموماً از سوی شرکت سازنده کمپرسور در کتابچه دستورالعمل بهره‌برداری از کمپرسور در اختیار مشتریان قرار داده می‌شود. فشار روغن در اغلب کمپرسورهای تناوبی برحسب شرایط طراحی آن عمدتاً ۵-۱ بار می‌باشد. باتوجه به اهمیت سیستم روانکاری برعمر مفید کمپرسور و قطعات متحرک آن، عملکرد این سیستم باید بطور مستمر مورد توجه پرسنل بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری قرار گیرد. برای این منظور توجه به نکات زیر ضروری می‌باشد:

الف: از روغن توصیه شده توسط شرکت سازنده و یا مشابه آن استفاده شود. بکارگیری از روغن نامناسب می‌تواند بر عملکرد سیستم روانکاری و سایر قسمتهای کمپرسور اثر نامطلوب

بگذارد. مثلاً اگر دمای تبخیر روغن کمتر از میزان توصیه شده باشد، فرار روغن در اثر گرم شدن به سایر قسمتهای کمپرسور نظیر سرسیلندرو سوپاپها زیاد شده که احتمال دوده بستن سوپاپها و کاهش راندمان حجمی کمپرسور را بدنبال خواهد داشت. بسیاری از حوادث بوقوع پیوسته در کمپرسورهای هوا (نظیر آتش گرفتن) به استفاده از روغن نا مناسب مربوط می‌شود.

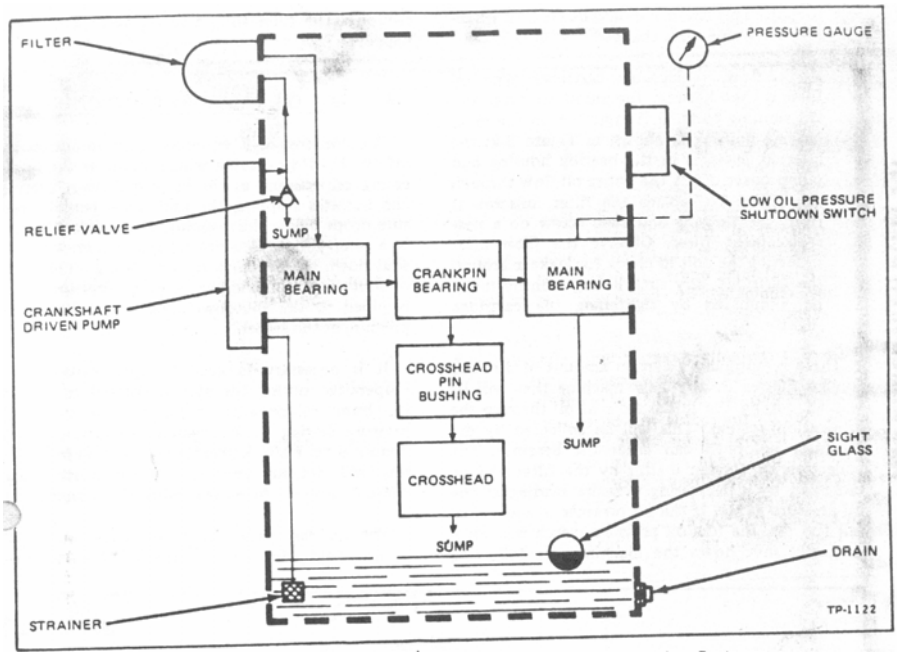
ب: هیچگاه نباید از مخلوط دو روغن مختلف در کمپرسور استفاده کرد. این امر باعث تأثیر نامطلوب بر عملکرد سیستم روانکاری در اثر مغایرت رفتاری روغن‌های مختلف در مقابل تغییرات درجه حرارت خواهد شد. بنابراین در زمان تعویض روغن دقت شود که تمامی سیستم از روغن قبلی خالی شده و بعد از تمیزکردن کارتل و فیلترها، روغن جدید به کمپرسور اضافه شود.

ج: وجود روغن مستعمل در کارتل می‌تواند بر عمر مفید روغن جدید اثر نامطلوب بگذارد.

د: هیچگاه منتظر بروز خرابی در سیستم روانکاری نباشید. همواره باید از سیستم روانکاری بنحوی مراقبت کرد که قبل از بروز خرابی نسبت به ترمیم آن اقدام شود. (تعمیرات بروش پیشگیری PM).

هـ: هدف از روغن کاری فقط کاهش سایش بین قطعات متحرک در اثر اصطکاک نمی باشد، بلکه این عمل به فرآیند خنک کاری در کمپرسور نیز کمک می‌کند. بنابراین در بسیاری از موارد مشکل گرم کردن کمپرسور ممکن است به عملکرد نامطلوب سیستم روانکاری آن مرتبط باشد.

در شکل (۵-۶) یک سیستم روانکاری مناسب نشان داده شده است.



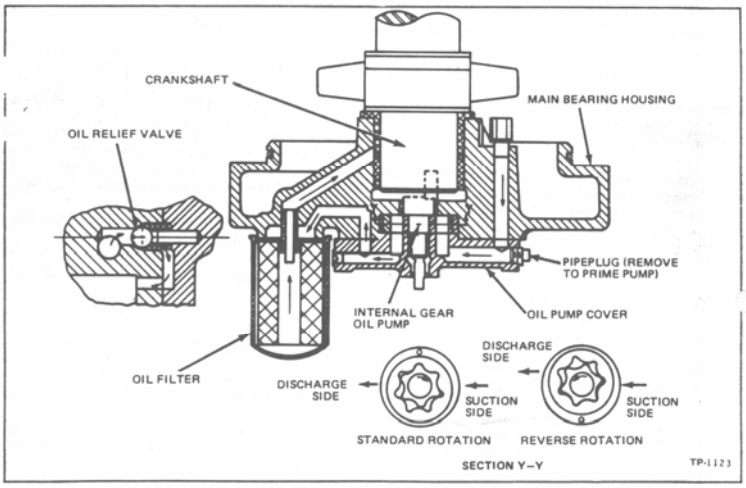
شکل (۵-٦): سیستم روانکاری در کمپرسور تناوبی

پمپ دنده ای توسط یک کوپلینگ به میل لنگ متصل شده و نیروی محرکه مورد نیاز جهت انتقال روغن را از میل لنگ دریافت می‌کند. روغن بعد از عبور از صافی توری شکل (Strainer)

وارد پمپ شده و بعد از عبور از فیلتر با دانه بندی ریز، تحت فشار از طریق کانالهایی که برروی میل لنگ تعبیه شده است به یاطاقانها متحرک (Crank Pin Bearing) و یاطاقانهای ثابت (Main Bearing) رسانیده می‌شود. وجود کانال در شاتون باعث می‌شود تا قسمتی از روغنی که به یاطاقانهای متحرک فرستاده شده به سمت بوش گژن پین و شافت‌هادی (Crosshead) جریان یافته و آنها را روانکاری می‌کند. روغن بعد از روانکاری قطعات ذکرشده به کارتل سرازیر شود. در این سیستم روغن کاری مسیر کوتاهی برای لوله کشی جهت انتقال روغن مورد نیاز بوده و اکثر مسیرهای جریان روغن به‌صورت کانالهائی می‌باشد که داخل قطعات تعبیه شده است. در شکل (۶-۶) مسیر جریان روغن در پمپ روغن و فیلترها نشان داده شده است.

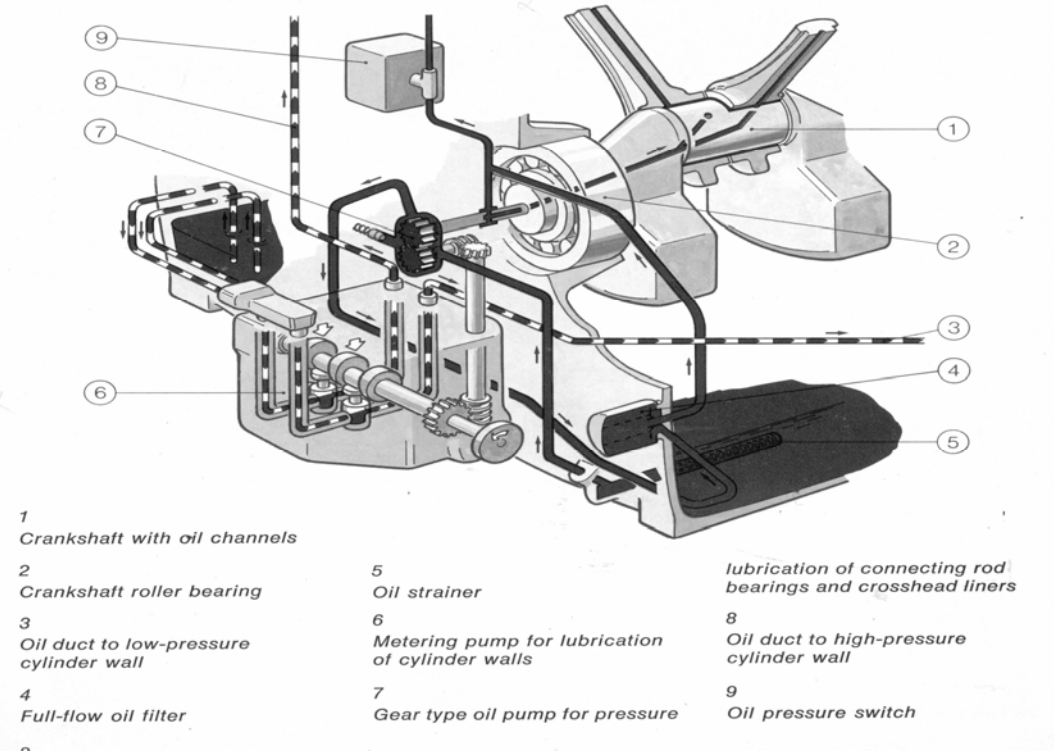
در بعضی از طرحها، کمپرسور دارای دو سیستم روانکاری مجزا بوده که اولی روانکاری یاطاقانها، گژن پین و بوش آن را به عهده داشته و دومی سیلندرها را روانکاری می‌کند (شکل ۷-۶). پمپ مورد استفاده برای روانکاری سیلندر عموماً از نوع انگشتی (Plunger) بوده و روغن را به‌صورت قطره ای به سیلندر می‌رساند. دبی این پمپ از طریق تغییر کورس انگشتی قابل تنظیم می‌باشد.

جهت جلوگیری از بالا رفتن بیش از حد فشار روغن در پمپ روغن، یک شیر خلاص کن (Relief Valve) که قابل تنظیم می‌باشد برروی پمپ روغن قرار داشته تا فشار روغن توسط آن در حد مورد نیاز تنظیم شود. نصب یک فشار سنج و یک کلید فشاری (Pressure Switch) در سیستم روانکاری اجباری ضروری می‌باشد. با قرائت فشار سنج می‌توان از وضعیت فشار روغن در سیستم روغن کاری مطلع شد. کلید فشاری را باید بر روی حداقل فشار قابل قبول در سیستم روغن کاری تنظیم کرد تا در صورت کاهش فشار روغن در سیستم روانکاری، کمپرسور بطور خودکارخاموش شود



شکل (٦-٦) پمپ روغن و فیلتر روغن

.



شکل (۷-٦): طرح روانکاری کمپرسورهای تناوبی به‌صورت مجزا

از آنجائی که کاهش فشار روغن امری مهم و غیر قابل چشم پوشی می‌باشد، باید کلید فوق مجهز به دکمه (reset)باشد. این طرح امکان روشن شدن مجدد کمپرسور را تا قبل از حضور مسئول تعمیرات و رفع عامل بروز اشکال منتفی می‌سازد. بعد از رفع اشکال و آماده سازی کمپرسور با فشار دادن دکمه (reset) کمپرسور برای راه اندازی مجدد آماده می‌باشد.

۳-۶- پمپ روغن:

پمپ روغن مورد استفاده در سیستم روانکاری غالباً از نوع دنده ای می‌باشد (شکل ۶-۶) که همراه پوسته یاطاقان ثابت به یک سر میل لنگ متصل می‌شود.

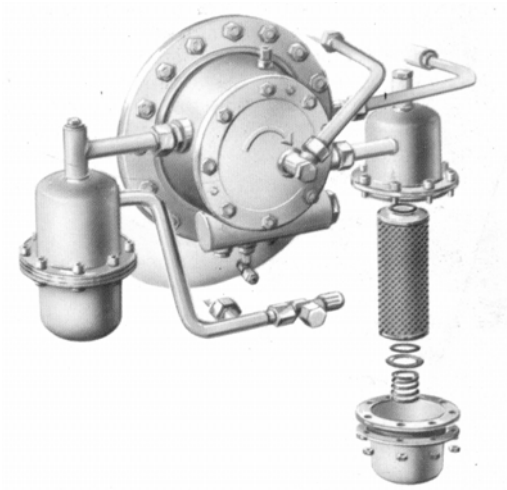
محورهای دنده پمپ روغن در داخل بوش‌هائی که توسط سیستم روانکاری روغن کاری می‌شوند چرخش می‌کند . کیفیت بوش‌ها و لقی مجاز در آن برروی عمر مفید پمپ روغن تأثیر چشمگیری می‌گذارد. محور پمپ مجهز به آب بند کننده بوده تا مانع از نشت روغن از این قسمت گردد. قبل از راه اندازی اولیه کمپرسور و یا مواقعی که کمپرسور به مدت طولانی مورد بهره‌برداری قرار نگرفت باید سیستم روغنکاری را هواگیری (Priming) کرد. این عمل از طریق پیچ درپوش پوسته پمپ روغن امکانپذیر می‌باشد.

۶-۳- صافی روغن و فیلتر روغن

جهت جداسازی ذرات معلق از روغن در سیستم روانکاری کمپرسور از یک صافی و یک فیلتر، استفاده می‌شود. صافی به‌صورت توری با دانه بندی نسبتاً درشت در قسمت مکش پمپ نصب

شده و مانع ازورود ذرات درشت بدرون پمپ می‌گردد. در هر نوبت تعویض روغن، صافی فوق را باید بطور کامل تمیز نمود.

فیلتر از نوع یک تکه (Cartridge) جریان صدرصد (Full Flow) می‌باشد که در قسمت دهش پمپ و بر روی پوسته یاطاقان ثابت نصب می‌شود شکل (۸-۶). جهت در آوردن فیلتر، لازم است که پیچهای مربوط را باز نموده و بعد از تمیز کردن و یا تعویض فیلتر می‌توان آن را در جای خود نصب نمود.



شکل (۸-٦): صافی و فیلتر در سیستم روانکاری کمپرسور

از آنجائی که ممکن است بعد از نصب فیلتر، سیستم نشتی داشته باشد، لازم است که بعد از نصب آن و در زمان راه اندازی بازرسی شده و در صورت بروز نشتی با سفت کردن پیچهای آن نشتی را برطرف کرد. گاهی اوقات وجود نشتی ممکن است ناشی از آسیب دیدگی واشر و یا اورینگ آن باشد که در این صورت باید نسبت به تعویض قطعه آسیب دیده اقدام شود.

نصب غلط واشر و یا اورینگ نیز می‌تواند موجب بروز نشتی از فیلتر روغن گردد، به همین خاطر در زمان نصب فیلتر باید جاگذاری واشر و یا اورینگ آن با دقت لازم صورت پذیرد.

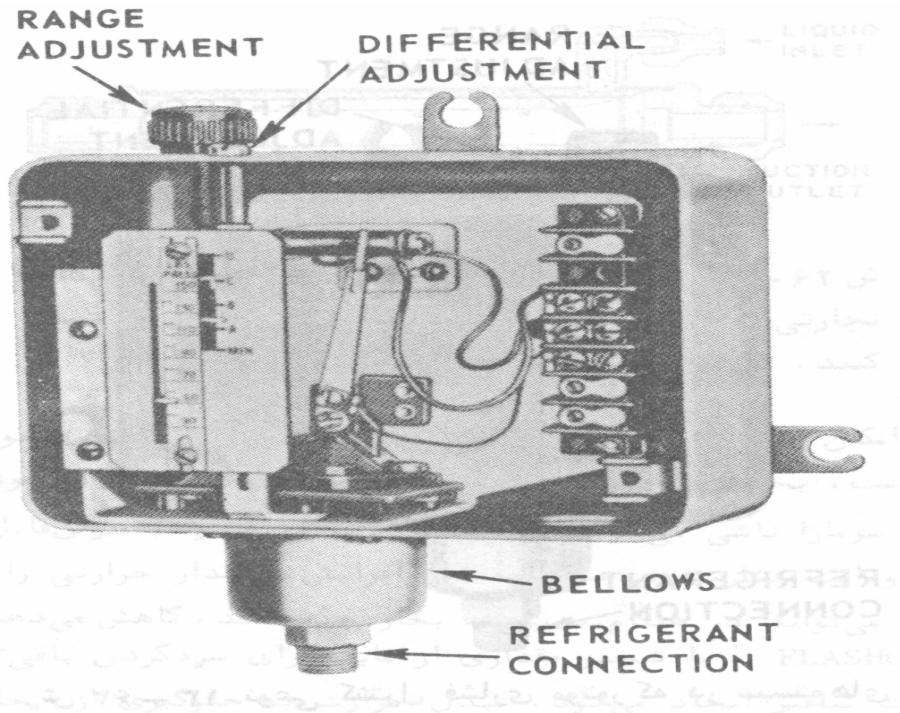
از آنجائی که در زمان راه اندازی کمپرسور و یا بعد از تعمیرات کلی ممکن است مقداری ذرات خارجی در داخل کمپرسور و بویژه درون کارتل باقی بماند، بنابراین احتمال گرفتگی زودرس صافی و فیلتر در شروع راه‌اندازی وجود دارد که عمدتاً به‌صورت کاهش فشار روغن توسط فشار سنج خود را نشان می‌دهد. در چنین مواردی بهتر است که صافی و فیلتر را زودتر از موعد مقرر باز کرده و تمیز کرد و در مواردی که فیلتر از نوع تعویضی باشد، باید نسبت به تعویض آن اقدام شود.

۶-۴- کلید حداقل فشار روغن Low Oil Pressure Switch

هر سیستم روانکاری تحت فشار در کمپرسورها باید مجهز به یک کلید حداقل فشار روغن باشد تا در مواردی که فشار روغن در سیستم روانکاری از حداقل میزان مورد نیاز (به دستور العمل

شرکت سازنده کمپرسور مراجعه شود) کمتر گردید، کمپرسور بطور اتوماتیک خاموش شود (شکل ۹-۶).

این کلید غالباً توسط شرکت سازنده کمپرسور تنظیم می‌شود و اکیداً توصیه می‌شود که از دستکاری آن خودداری شود، به همین خاطردر بسیاری از نمونه‌ها کلید فوق توسط شرکت سازنده پلمپ می‌شود. در صورتی که بنا به هر دلیلی نیاز به تنظیم آن باشد، این کار باید توسط یک کارشناس باتجربه صورت پذیرد.



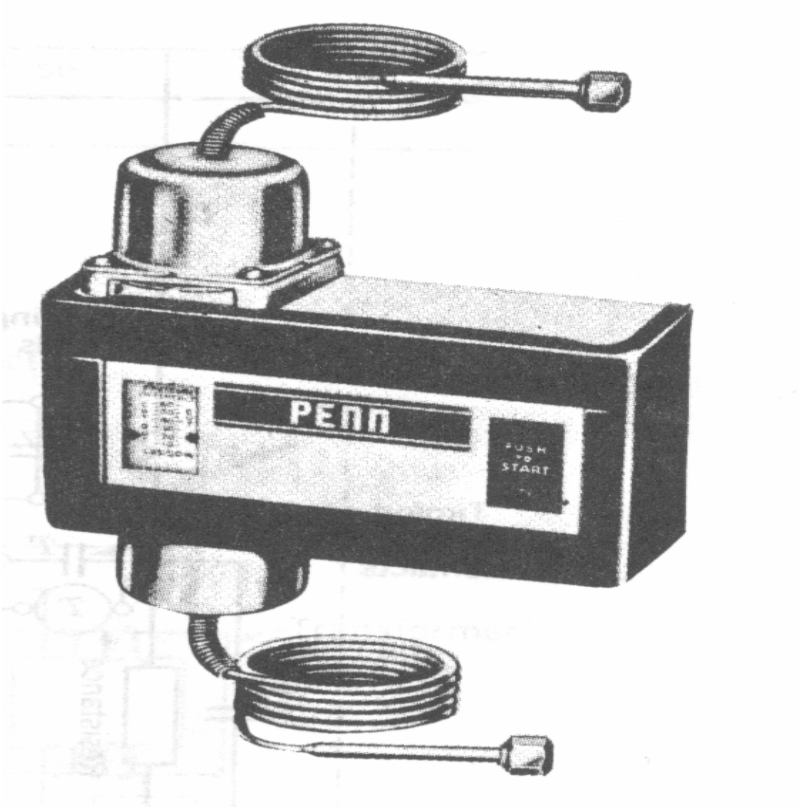
شکل (۹-٦): کلید حداقل فشار روغن

لازم به ذکر است که بعد از روشن شدن کمپرسور، قطعاً مدتی (در حد چند ثانیه) طول می‌کشد تا فشار روغن به شرایط عادی برسد و بدیهی است در صورتی که برای این امر پیش بینی لازم صورت نپذیرفته باشد، کمپرسور بلافاصله بعد از راه اندازی خاموش می‌شود. برای جلوگیری از بروز این پدیده دو روش مختلف توسط سازندگان کمپرسور پیش بینی شده است.

الف: در بعضی از کمپرسورها، برای روشن کردن کمپرسور توصیه شده است که کلید راه انداز بمدت چند ثانیه (به دستوالعمل شرکت سازنده مراجعه شود) نگهداشته شده تا فشار روغن به حداقل مورد نیاز برسد و بعد از آن می‌توان کلید گذشت راه انداز را آزاد کرد.

ب: بعضی از کلیدهای حداقل فشار روغن مجهز به رله حرارتی بوده که بعد از گذشت زمانی قادر به قطع‌کردن مدار قدرت می‌باشد. اگر در طی این مدت فشار روغن به حداقل مورد نیاز برسد، مدار قدرت دائماً بسته مانده و کمپرسور روشن می‌ماند، ولی اگر بعد از گذشت مدت زمان فوق فشار روغن به حداقل قابل قبول نرسد، رله حرارتی عمل نموده و کمپرسور را

خاموش می‌کند در این صورت باید عامل پائین بودن فشار روغن را شناسائی کرده و نسبت به رفع آن اقدام نمود. در کمپرسورهای تبریدی، کلید فشار روغن از نوع تقاضلی (Differntial) می‌باشد. (شکل ۱۰-۶) علت این امر به ماهیت ساختاری کمپرسورهای فوق مربوط می‌شود.



شکل (۱۰-٦): کلید حداقل فشار روغن از نوع تفاضلی

در این کمپرسورها همواره مقداری گاز (مبرد) درون کارتل وجود داشته که فشار آن معادل فشار گاز در قسمت مکش کمپرسور بوده و غالباً بالاتر از فشار جو می‌باشد. بنابراین فشار روغن خروجی از کمپرسور همواره برابر است با فشار مکش بعلاوه فشار ناشی از کارکرد پمپ روغن. از آنجائی که در عملکرد سیستم روانکاری، فشار پمپ روغن معیار کارآئی آن می‌باشد، بهمین خاطر در قرائت فشار روغن باید فشار گاز در قسمت مکش را از فشار قرائت شده از فشار سنج پمپ روغن کسر نمود و برهمین اساس کلید فشار روغن باید از نوع تفاضلی بوده که در یک سمت به قسمت دهش پمپ روغن و در سمت دیگر به قسمت مکش کمپرسور (کارتل) متصل می‌باشد.

۶-۵- فشار و درجه حرارت روغن

فشار و دمای روغن در کمپرسورها به شرایط طراحی و بهره‌برداری از آن بستگی دارد. عواملی نظیر کیفیت خنک کاری، نوع روغن، فشار گازخروجی، جنس گاز مورد تراکم، سرعت دورانی و... می‌تواند مهم‌ترین عوامل مؤثر بر روی فشار و درجه حرارت روغن باشند.

فشار روغن کابل قبول به شرایط طراحی کمپرسور، ویسکوزیته روغن و سرعت دورانی آن بستگی داشته که باید از سوی شرکت سازنده کمپرسور در اختیار مشتریان قرار داده شود. لازم به ذکر است که کمپرسورها می‌توانند تا مدتی حتی در فشار کمتر از حداقل فشار تعیین شده برروی کلید حداقل فشار روغن کار کنند ولی این عمل موجب افزایش سرو صدا و استهلاک قطعات در کمپرسور گردیده و به همین خاطر اکیداً توصیه می‌شود که در صورت عمل کردن کلید حداقل فشار روغن، از راه اندازی مجدد آن تا قبل از برطرف کردن عامل کاهش فشار خودداری شود.

کیفیت روغن مورد استفاده در کمپرسورها غالباً از سوی شرکت سازنده کمپرسور توصیه می‌شود. با توجه به مشکلات موجود در تأمین روغن‌های خارجی در داخل کشور، لازم است که در انتخاب روغن مشابه نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

روغن مورد استفاده باید بنحو مطلوب تصفیه شده، ویسکوزیته، اندیس ویسکوزیته (Viscosity Index)،آن مناسب بوده مواد افزودنی در آن سازگاری لازم را با روغن اصلی داشته باشد. به‌عنوان مثال در روغن‌های مورد استفاده برای کمپرسور هوا وجود مواد افزودنی ضد زنگ (Anti Rust) و آنتی اکسیدان اهمیت زیادی دارد.

روغن با ید فاقد مواد با قابلیت خوردگی بوده تا برروی آلیاژ یاطاقانها تأثیر نامطلوب باقی نگذارد.

نقطه ریزش (Pour Point) روغن باید حداقل ۶ درجه سانتیگراد از دمای محیط در زمان راه اندازی کمپرسور پایینتر باشد. در جدول زیر نمونه ای از مشخصات روغن توصیه شده برای یک کمپرسور هوا از سوی شرکت سازنده ارائه شده است:

۱- نقطه اشتعال (ظرف باز)	حداقل ۱۹۳ درجه سانتیگراد
۲- ویسکوزیته دردمای ۳۷,۸ درجه سانتیگراد	حداکثر ۱۶۸,٤ سانتی استوک
۳- ویسکوزیته دردمای ۹۸,۹ درجه سانتیگراد	حداقل ۱۰,۲ سانتی استوک
٤- باقی مانده کربن (روش کنرادسون)	حداکثر ۰,٤۵

۶-۶- بازرسی روغن

میزان روغن مصرفی در کمپرسور از سوی شرکت سازنده در کتابچه راهنمای کمپرسور در اختیار مشتریان قرارداده می‌شود. اکثر کمپرسورها مجهز به شیشه آب نما بوده و سطح روغن را می‌توان از طریق آن بازرسی نمود. اکثر شیشه‌های آب نما دارای نشان لازم برای نمایش حداقل و حداکثر میزان روغن می‌باشند. باید دقت شود که سطح روغن همواره در حد فاصل دو علامت باشد (شکل ۱۱-۶).

شکل (۱۱-٦): شیشه آب نمای روغن

در برخی از کمپرسورها از میله (Gauge) برای اندازه‌گیری سطح روغن در کارتل استفاده می‌شود که عموماً دارای دو نشانه کم (Low) وزیاد (High) می‌باشد. در هنگام بازرسی کمپرسور باید دقت شود که سطح روغن در حد فاصل دو نشانه فوق باشد. زیاد بودن بیش از حد روغن باعث بروز تلاطم در هنگام عبور وزنه میل لنگ از داخل روغن درون کارتل و نهایتا کف کردن روغن می‌شود. در عوض کم بودن روغن می‌تواند موجب هوا گرفتن پمپ روغن و تاثیر نامطلوب بر کارآیی سیستم شود. بدیهی است در هنگام خاموش بودن کمپرسور مقدار روغن ممکن است کمی بالاتر از خط نشانه فوقانی باشد.

۶-۷ – تعویض روغن

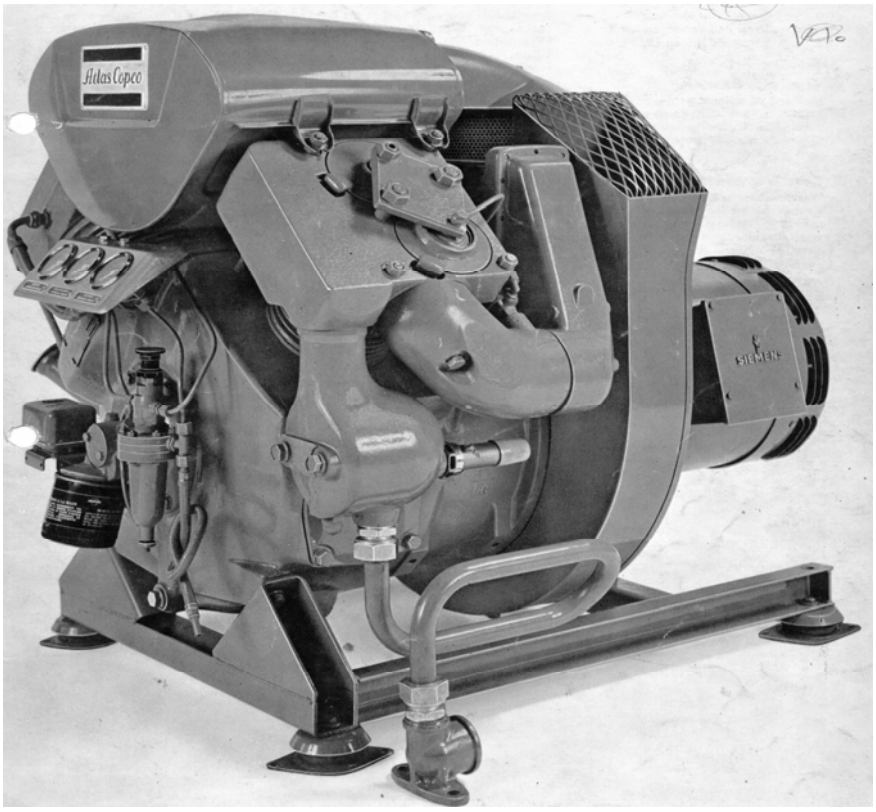
بهتر است که بعد از راه اندازی اولیه و یا انجام تعمیرات اساسی، روغن بعد از ٢٤ تا ۷۲ ساعت کاری تعویض گردد. زمان تعویض بعدی روغن به مشخصه‌های رفتاری و شرایط بهره‌برداری از کمپرسور بستگی دارد. مثلا برای کمپرسورهای خشک که روغن تماس چندانی با هوای متراکم ندارد بر حسب دمای کار و کیفیت روغن باید بعد از ۸۰۰۰-٤۰۰۰ ساعت بهره‌برداری، روغن را تعویض کرد. در صورتی که در کمپرسورهای روانکاری شونده زمان تعویض روغن به ۱۰۰۰ - ۵۰۰ ساعت کاهش می‌یابد. بدیهی است اگر کمپرسور در هوای باز نصب شده باشد و یا گاز مورد تراکم (مثلا هوا) دارای آلودگی بوده و یا درجه حرارت بهره‌برداری از کمپرسور بالا باشد، باید تعویض روغن در دوره‌های زمانی کمتری صورت پذیرد.

بعد از تخلیه روغن از کارتل باید درون آن را با حلال مناسب شستشو داده و داخل آنرا تمیز نمود. قبل از ریختن روغن، با چراغ دستی درون کارتل و بویژه نقاط گوشه‌ای آن را بازرسی نموده تا از تمیز بودن کارتل مطمئن شد. برای تمیز کردن داخل کارتل و نقاط گوشه‌ای آن از

وسائل تیز که قادر به کندن رنگ درون کارتل می‌باشند استفاده نشود. تمیز کردن صافی و فیلتر (در صورت نیاز به تعویض آن) ضروری می‌باشد.

۶-۸- تخلیه بخار روغن از کارتل

با توجه به بالا بودن درجه حرارت روغن در کارتل همواره مقداری روغن به‌صورت بخار در کارتل وجوددارد. در بعضی از طرحها، در بالای درپوش روغن یک سوراخ تعبیه شده تا بخار روغن همراه با گاز جمع شده در کارتل (نظیر هوا) به بیرون تخلیه شود. در مواردی دیگر از یک لوله تنفس (Breathing Pipe) برای تخلیه هوا و بخار روغن درون کارتل استفاده می‌شود.(شکل ۶-۱۲)



شکل (۱۲-٦): لوله تنفس در کمپرسورهای مدل BT شرکت اطلس کوپکو

این لوله که مجهز به شیر یکطرفه می‌باشد از یک سمت به کارتل و از سمت دیگر به سوپاپ مکش مرحله اول متصل بوده و بر اثر اختلاف فشار دوسر شیر یکطرفه مسیر باز شده و بخار روغن و هوا از درون کارتل توسط سوپاپ مکش مرحله اول کشیده می‌شود. این امر ضمن روانکاری سوپاپهای مکش مرحله اول به کاهش غلظت اکسیژن در کارتل کمک کرده و موجب کاهش شدت اکسیداسیون روغن درون کارتل توسط هوا و افزایش عمر مفید روغن می‌شود.

ضمائم

ضمیمه۱:
کاربرد نانوتکنولوژی در تولید روغنهای صنعتی

کاربرد فناوری نانو برای بهتر کردن روغن کاری سطوح لغزنده

روان سازهای جامد بر پایه فناوری نانو به طور مستقیم و یا به صورت افزودنی به روانسازهای مایع ، استفاده میشوند . در این بخش سعی شده است با بررسی مبحث روانکاری به اثرات استفاده از نانو تکنولوژی در روانکاری اشاره گردد .

اکثر روان سازهای مایع ، روغن و گریس هستند . در کاربردهائی مثل کاربردهای فضائی و اتاقهای بسیار تمیز (CLEAN ROOM) و نیز در اجزای کوچک و دستگاههائی که نیاز به تعمیر آسان داشته باشند بجای روان سازهای مایع از روان سازهای جامد استفاده میشود . آنها همچنین در خلاءِ های بالا ، برای نگهداری بلندمدت و دوره ای و در شرایطی که نیاز به تحمل بار زیادی میباشد ، بکار می روند . روان سازهای جامد در شرایط دما و فشار بالا ، رادیواکتیویته و محیط فعال شیمیائی بخوبی عمل می کنند و به صورت پودر خشک ، پوشش و یا افزودنی به روان سازهای مایع مورد استفاده قرار میگیرند . مورد اصلی در استفاده از آنها پاسخ به افزایش تقاضاهای تجاری برای بهبود عملکرد روان سازها می باشد .

روان سازهای جامد ، عموماً موادی لایه ای مانند گرافیت ، دی سولفید مولیبدن و دی سولفید تنگستن هستند که لایه های مولکولی تحت نیرو ، اصطکاک را با لغزش روی همدیگر کاهش می دهند . اما این لایه های مولکولی ممکن است به سطوح آسیب برسانند زیرا واکنش شیمیائی لایه ها با سطوح ، باعث تجزیه ، شکست و خمش سطوح فلزی میشوند . آنها با جمع شدن روی سطوح باعث ایجاد اختلال در ماشین کاری و سائیده شدن بیشتر قطعه فلزی می شوند. بنابراین نیاز به روان سازهای جامد پایدارتر و کوچکتر داریم .

کارخانه ها و نیروگاهها و بقیه صنایع نیاز روزافزون به روان سازهای پایدار دارند که مشخصاً اصطکاک و فرسوده شدن را کاهش می دهد . بخصوص در صنایع خودروسازی احتیاج به گریس و روغن داریم که براحتی قابل نگهداری باشند . در هوافضا ، ابزارسازی ، حفاری و صنایع نیمه هادی ها به روان سازی جامد با کیفیت بیشتر احتیاج داریم .

روان سازهای خشک که به روش فناوری نانو تولید میشوند ، ساختارهای معدنی کروی شکل دارند و قطر آنها در حدود ۲۰nm تا ۵۰ nm است . ساختار هندسی آنها به صورت مواد معدنی فولرین شکل میباشد که به نانو ذرات IF مشهور هستند . در مقایسه با صفحه های پهن روان سازهای جامد مرسوم ، این ساختارهای فولرین شکل به طرز قابل توجهی کوچکتر هستند (در حدود ۲۰ مرتبه یا بیشتر) . آنها مانند توپ های مینیاتوری عمل می کنند که در حول سطوح می چرخند و باعث راحتی حرکت قطعات تماسی می شوند .

استفاده از روان سازهای جامد بر پایه فناوری نانو توسط گروه نانو مواد انستیتو علوم و ایزمن کشف شد . آنها فهمیدند روان سازهای جامد ترکیبات معدنی لایه ای هستند مانند دی سولفید

تنگستن که میتوانند به شکل فولرین در آیند . این گروه شرایط خاصی را اعمال کرد که لایه های این مواد بتوانند روی خودشان خم شوند و به صورت نانو ذرات در آیند .

روان سازهای جامد IF نتایج زیادی در تولید صنعتی و تسهیل فرآیند واحدهای صنعتی دارند . اول اینکه آنها اصطکاک و فرسودگی قطعات را هفت برابر بهتر از روان سازهای تجاری کاهش می دهند . به ویژه اینکه در بارگذاریهای زیاد ، آنها با افزایش بازدهی استاندارد روغن ، نیاز به روغن کاری را کاهش می دهند که باعث ذخیره انرژی ، کاهش هزینه های جاری ، نگهداری داخلی ارزان تر ، دقت بیشتر ماشین های بخش های مختلف و حفظ محیط زیست می شود . همچنین به دلیل کم کردن اصطکاک ، با کاهش صدا ، ارتعاش و گرما مواجه هستیم .

با استفاده از نانو ذرات IF به عنوان افزودنی به روغن و گریس ها ، تقاضای صنایع برای افزایش عملکرد و حفظ محیط زیست برآورده میشود . خسارت فعلی ناشی از تعطیلی صنایع روزانه میلیون ها دلار میباشد . شرکتها تمایل دارند به منظور کمتر کردن هزینه ها ، از روان سازهای دایمی استفاده کنند .

روان سازهای IF نشان داده اند که نسبت به روان سازهای مرسوم اصطکاک را به مقدار زیادی پائین می آورند و از دوام طولانی تری برخوردارند . بنابراین برای کاربردهای دایمی مناسب تر هستند . کاربرد روان سازهای IF همچنین باعث کم کردن مقدار روغن کاری میشود . اضافه کردن روان سازهای جامد به روغن های ماشین ، بدون کاهش کیفیت عملکرد ، مقدار ماده روان ساز مورد احتیاج را کاهش می دهد .

دلیل دیگر اینکه مواد معدنی فولرین شکل در تحمل نیروهای با مقدار بزرگ بهتر عمل می کنند خواص ویژه این مواد مقاومت بالائی به آنها می دهد . گزارش شده است که نانوذرات دی سولفیدتنگستن به طور قابل توجهی بیشتر ازروان سازهای استاندارد در مقابل شوک فشار شدید fon/cm۳۲۱۰ مقاومت کرده اند .

اثر دی سولفید تنگستن فولرین ، بر مقاومت خستگی شفت های تحت فشار در هنگام انجام کار در حال بررسی است ولی گزارشات دیگر نشان داده است اضافه کردن مقدار کمی از این مواد ، علاوه بر کاهش چشمگیر اصطکاک و فرسودگی ، باعث افزایش عمر قطعات حرکت کننده در ماشین کاری سنگین در مقایسه با روان سازهای معمول میشود .

تاکنون ، برای کاهش اصطکاک مجبور به صاف کردن زیاد سطوح و از بین بردن ناهمواری ها تا حد امکان بودیم ولی با تکنولوژی نوین ، دیگر لازم نیست سطوح را کاملاً صاف و صیقلی کنیم زیرا ذرات کوچک در درزها و شکافهای کوچک سطوح ناهموار گیر می افتند و باعث لیز شدن ، حین انجام کار میشوند .

پیشرفت های بیشتر در متالورژی پودر ، انواع قسمتهای خود روغن کار را بهبود می دهد . آغشته کردن حفره ها و درزهای فلزهای پودر شده با ذرات IF ، خواص سایشی آنها را در مقایسه با وقتی که به روغن یا سولفید تنگستن یا دی سولفید مولیبدن آغشته شوند ، بهبود می بخشد .

با توجه به نیاز صنایع به فرآیند روان سازی در کاربردهای ویژه آنها و در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی ، سودآوری اقتصادی و کم کردن هزینه ، روان سازهای جامد بر پایه فناوری نانو یک گزینه ایده آل خواهد بود .

کاربرد نانوذرات WS۲ به عنوان افزودنی به روان کننده ها

الف - مشکلات ناشي از استفاده از روان کننده هاي رايج WS۲

روان کننده های رایج WS۲ دارای ساختاری شبیه به گرافیت بوده و با لغزیدن لایه ها روی همدیگر سبب کاهش اصطکاک می گردند . لبه های این لایه ها فعال بوده و سبب میشود که این مواد به آرامی تجزیه شده یا در اثر حرارت و فشار بالا از هم بپاشند و با سطح فلز ترکیب و واکنش دهند . همچنین به خاطر بزرگ بودن این لایه ها ، آنها نمی توانند در ترک ها و منافذ موجود در روی سطح وارد شوند و بنابراین بر روی هم انباشته شده و به سطح می چسبند و لذا بعد از مدتی از روان کنندگی مناسب جلوگیری میکنند .

این عوامل سبب می شوند که روان کننده ها توانائی خود را از دست داده و اصطکاک ما بین دو سطح فلز افزایش یابد . بنابراین نیاز به ذرات کوچکتر و مقاومتر وجود دارد .

نانو ذرات WS۲ به صورت جامدات کروی شکل میباشند . از این نانو ذرات در تولید محصولی به اسم Nanolub استفاده میشود و بسیار بهتر از روان کننده های معمولی سبب کاهش اصطکاک و سایش ، به خصوص در مواقع بارگیری زیاد شده و علاوه بر آن سبب افزایش طول عمر دستگاه و کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات میشوند . این روان کننده قابل استفاده در ماشین ها و دستگاه های صنعتی و هواپیما میباشد .

استرهای فتالات (دی استرها و تری استرها) ، شایع ترین روغن پایه های مورد استفاده در روغن های کمپرسور فشار بالا محسوب میشوند . به تازگی آلودگی ها و مواد سمی که این روانکارها از خود بر جای می گذارند موجب نگرانی هائی شده است . با آزمایش های مختلف از تاثیر ترکیبات اتیل اکسل فتالات (گروهی از ترکیبات استر فتالات) به روی حیوانات مختلف در تمامی آزمایش ها آسیب های جبران ناپذیر این مواد بر بافت های سلولی این موجودات که منجر به بروز سرطان در آنها می شود به اثبات رسیده است .

نانوذرات کروی شکل موجود در Nanoulub بسیار ریز هستند و میتوان گفت که هنگام قرار گرفتن بین دو سطح بصورت بلبرینگ های بسیار کوچک عمل می کنند . آزمایشهای بسیاری نشان می دهند که این روان کننده تا حد بسیار زیادی سبب کاهش اصطکاک ، سائیدگی و دما شده و بسیار بهتر از سایر روان کننده های جامد عمل می کنند به خصوص در مواقعی که بار زیادی روی سیستم وجود دارد . این روان کننده همچنین از سوختن و به هم چسبیدن و پوسته پوسته شدن سطح فلز جلوگیری می کند .

روان کننده Nanolub به صورت افزودنی به روان کننده های مایع ، گریس ها به صورت پودرجامد ، پوشش نازک کامپوزیتی روی فلز و به صورت لایه پلیمری کامپوزیتی می تواند مورد استفاده قرار گیرد . روان کننده دارای نانو ذرات WS_2 در روی سطوح زبر به خوبی عمل می نماید . این امر بدین معنی است که سطوحی را که روی می لغزند دیگر لازم نیست به صورت کاملا" یکنواخت صاف و جلا داد . چنانچه در روشهای رایج برای کاهش اصطکاک نیاز به جلا دادن و صاف نمودن سطح تا حد بسیار زیاد لازم است که این امر نیاز به صرف هزینه و وقت بالائی دارد . با استفاده از روان کننده Nanolub در روی سطوح زبر این سطوح بعد از مدتی خودشان به صورت خودکار سبب روان شدن سطح میگردند چرا که روان کننده در منافذ بین سطح به دام می افتد و به تدریج با سائیده شدن زبری های بزرگ سطح آزاد شده و عمل روان کنندگی را انجام می دهد و از ایجاد اصطکاک در بین سطوح تا حد زیادی جلوگیری میکند .

ب- روشهاي استفاده از نانوذرات wps

- بصورت افزودنی به روغن
- افزودنی به گریس
- جزءِ لایه های کامپوزیتی پلیمر
- در پوششهای کامپوزیت های فلزی
- برخی از خصوصیات و مزیت های Nanolub
- کاهش اصطکاک و سائیدگی به صورت بسیار بهتر از سایر روان کننده های رایج به خصوص در بارگذاری بالا .
- طولانی بودن طول عمر روان کننده
- توانائی تحمل بارگذاری بسیار زیاد
- پایداری شیمیائی و فیزیکی بالای نانوذرات
- صرفه جوئی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی
- سازگار با محیط زیست
- حفظ دقت بالای اجزاءِ مختلف دستگاه بعد از کارکرد طولانی

- کاهش هزینه تهیه و ساخت اجزاء ماشین ها و دستگاهها به خاطر کارکرد مناسب در روی سطوح زبر .

ج- خصوصیات برجسته **Nanolub** ناشي از اندازه نانو

- قابلیت نفوذ در منافذ ریز .
- جلوگیری از Build up سطوح
- امکان ایجاد سطوح خودروان کننده

مزایای ناشی از کروی شکل بودن نانو ذرات wps

- کاهش اصطکاک تا حد بسیار بیشتری از لایه های رایج روان کننده به خاطر قابلیت چرخیدن کره ها .
- پایداری شیمیائی به خاطر عدم وجود لبه ها .
- عمر کاری طولانی تر
- پایداری فیزیکی بالا
- عدم چسبندگی به سطح

د- بازارهاي مورد هدف**Nanolub**

- عدم نیاز به نگهداری همیشگی دستگاهها - هواپیمائی ، شاتل ها و توربین ها .
- کارخانه های نیازمند به محیط تمیز - نیمه رساناها
- تحمل بارگذاری زیاد - ماشین ها و دستگاههای سنگین
- محیط های غیرعادی - خلاهای بالا ، تشعشع و فضای بیرون جو
- کاربردهای نظامی - موتورهای بدون صدا
- لایه های کامپوزیتی - پوششهای ضدخوردگی

ضمیمه ۲ :
روغن دنده های آینده
و روغن هیدرولیک بدون روی

روغن دنده های آینده

امروزه روغن های دنده سنتزی نمی توانند پاسخگوی شرایط سخت و پیچیده صنعت باشند زیرا نسل آینده روانکارها بدون اینکه سنتزی باشند ، از همان توانائی برخوردار خواهند بود .
روغن دنده ایده آل ، روغنی است که چندین سال بدون نیاز به تعویض ، دوام آورده و عمل روانکاری را انجام دهد . این وضعیت مدت زمان توقف را به شدت کاهش داده و موجب صرفه جوئی قابل توجهی در هزینه های نیروی انسانی و دفع روغن سوخته میشود . پس از گذشت چندین سال از عمر چنین روغنی تنها میزان ناچیزی از ذرات فلزی ناشی از سایش درون آن وجود خواهد داشت . این روغن ، اصطکاک را کاهش داده ، دمای عملیاتی را پائین آورده و مصرف انرژی الکتریکی و هزینه آن را کاهش می دهد . این روغن همچنین به سرعت از آب جدا شده و از تشکیل امولسیون و کف جلوگیری میکند .
امروزه صنعت روانکاری در حال هدایت روغن های دنده به سمتی است که از روغن های معمولی و سنتزی فعلی به مراتب بالاتر است . از طرفی نیاز به روغن های دنده ارزان قیمت همواره وجود خواهد داشت . در این زمینه ، علی رغم بازگشت سرمایه قابل توجهی که با روانکاری مناسب به دست می آید ، بسیاری از شرکتها تنها قیمت هر بشکه را در نظر گرفته و صرفه جوئی حقیقی را که شامل پول برق ، زمان توقف ، نیروی انسانی ، هزینه دفع روغن و هزینه قطعاتی را که باید تعویض شود در نظر نمی گیرند . در حال حاضر برای شرایط حاد دمائی گرم یا سرد ، همواره نیاز به روغن های سنتزی وجود خواهد داشت . ولی برای بسیاری از کاربردهای صنعتی و خودروها که بارهای ناگهانی ، گرم شدن بیش از حد ، سایش و آلودگی آب ، بدترین دشمن هستند راه حل بهتری وجود دارد و آن ، یک روانکار جدید است که چنین شرایط سختی را مانند روغن های سنتزی تحمل کند .
روغن های سنتزی (گروه ٤ و ٥ API) حلالیت افزودنی ها را محدود کرده اند . در بسیاری از حالات ، تکنولوژی مواد افزودنی بحرانی بوده و به روغنی نیاز است که این مواد افزودنی را در خود حل کرده و درون خود نگه دارد . در حالی که مشکل جدا شدن مواد افزودنی در روغن های پایه گروه ۲ و ۳ API همچنان وجود دارد .
بطور معمول عمر روغن های دنده معمولی و سنتزی به دلیل افزایش میزان فلزات ساییده شده از حد تعیین شده و افت افزودنی های EP به کمتر از ۲ سال محدود میشود . اما با تکنولوژی پیشرفته روغن دنده ، عمر روغن ها میتواند تا چندین سال و حتی حدود یک دهه افزایش یافته و میزان سایش نیز به صورت غیرقابل باور کاهش یابد .

کاهش دفعات تعویض روغن

چرا روغن تعویض میشود ؟ بطور عمده به دلیل آلودگی با آب ، وجود ذرات فلزی سائیده شده یا سیاه شدن روغن و اکسیداسیون ، تعویض روغن ضرورت پیدا میکند . ولی چون روغن های دنده نسل بعدی از آب جدا شده ، سایش بسیار کمی ایجاد میکند و مقاومت زیادی در برابر اکسیداسیون دارند ، تا سال ها دوام آورده و نیازی به تعویض آنها نخواهد بود ، کاهش دفعات تعویض روغن به کاهش هزینه نیروی انسانی ، روغن جدید و دفع روغن کارکرده منجر میشود . کاهش مصرف روغن به حفظ محیط زیست نیزکمک میکند .

بسیاری از مجتمع های صنعتی ، گیربکس هائی دارند که با آب آلوده می شوند . آب با روغن مخلوط می شود و با تشکیل امولسیون شیری رنگ موجب خوردگی ، تولید کف و سایر مسائل می شود . در چنین حالاتی ، روغن به صورت ماهانه یا حتی هفتگی تعویض می شود تا امولسیون تولید شده خارج شود . حال تصور کنید در صورتی که آب از روغن جدا شده و بدون تعویض روغن ، تخلیه شود چه مبالغی صرفه جوئی خواهد شد .

روغن دنده را می توان به گونه ای فرموله کرد که بلافاصله از آب جدا شود . در نتیجه این خاصیت باعث خواهد شد که آب از پائین گیربکس (حتی هنگامی که گیربکس در حال کار است) تخلیه شود . بنابراین چون امولسیونی وجود ندارد ، کف نیز وجود نخواهد داشت . همچنین چون آب با دندانه دنده ها تماس پیدا نمی کند خوردگی نیز ایجاد نمی شود .

روغن های دنده سنتزی با آب سازگار نیستند . پلی آلفاالفین های سنتزی (PAO) حلالیت افزودنی ها را محدود کرده اند و به منظور اینکه توانائی حل کردن افزودنی ها را به دست بیاورند ، به فرمولاسیون آنها استر اضافه می شود . استرها در حضور آب هیدورلیز شده که در نتیجه عمر مفید روغن دنده سنتزی ، درحضور آب کاهش می یابد .

در رابطه با پلی آلکالاین گلایکول ها (PAG) نیز نکاتی وجود دارد که در زیر به آنها اشاره می کنیم : این گروه هیدروسکوپیک بوده (آب جذب می کنند) و موجب زنگ زدگی و خوردگی دنده ها می شود . با وجود اینکه این گروه شاخص گرانروی بالائی دارد ولی توانائی حل کردن افزودنی های آن ضعیف است .

روغن های دنده پایه معدنی نیز از وضعیت مشابهی برخوردار هستند . این گروه دارای پایه غنی از آروماتیک ها است که به دلیل قطبی بودن ، دارای استعداد ذاتی جذب آب و در نتیجه تشکیل امولسیون است . از روغن های پایه با گرانروی بالا به ندرت برای تولید روغن های پایه گروه ۲ یا ۳ API استفاده می شود زیرا سرعت پائین جریان و میزان بازدهی تولید

آنها کم است . هنگامی که از روغن های پایه گروه ۲ یا ۳ استفاده می شود ، بـرای حـل شـدن مواد افزودنی در آنها لازم است تا استرها نیز اضافه شوند .

این مشکل با استفاده از یک نوع بسیار خاص روغن پایه معدنی قابل حل است . ایـن روغـن بـه دلیل ساختار پارافینی غیرقطبی بوده و بنابراین از مولکول هـای قطبـی آب جـدا مـی شـود و پدیده تشکیل امولسیون که در هنگام استفاده روغن های دنده معمولی قابل استفاده است در اینجا مشاهده نمی شود . میزان ناچیزی از ترکیبات آروماتیکی در روغن نیز باعث حل شـدن افزودنی ها شده که در نتیجه به استرها نیازی نیست . همچنین اضـافه کـردن تثبیـت کننـده تنش برشی ، از تماس آب با دنده ها و جداره مخـزن ممانعـت کـرده و از زنـگ زدگـی نیـز جلوگیری می شود . به علاوه با تشکیل یک فیلم روغن ، بر روی دندانه هـا ، حتـی در صـورتی که آب زیادی وارد گیربکس شود ، روانکاری دنده ها ادامه می یابد .

مزیت استفاده از روغن جدید

شرکت بورون در تگزاس ، که از روغن دنده معمولی W-۹۰۸۰ استفاده مـی کـرد بـه دلیـل تشکیل امولسیون با آب هر ماه مجبور به تعویض آن می شد . هر یک سال یا دو سال یک بـار نیز با خرابی مواجه می شد . هنگامی که بجای این روغن از روغن دنـده بـا تکنولـوژی جدیـد استفاده شد ، آب درون گیربکس به صورت منظم تخلیه شده و روغن بیش از ۶ سال بـدون تعویض یا بوجود آوردن خرابی دوام پیدا کرد .

شرکت فولاد وایومینیگ به دلیل تشکیل امولسیون هر هفته روغن W-۹۰۸۰ خود را تعـویض می کرد . بعد از استفاده از روغن دنده جدید و امکان تخلیه آب ، در ۱۶ هفتـه اول ، تعـویض روغن ۱۶ بار کمتر شده و میزان صرفه جوئی به ۱۷۶ بشکه روغـن رسـید . همچنـین در ۱۰ ماه اول ، تعمیرات تا ۵ نوبت کمتر شد .

شرکت دیگری در نیویورک ، به دلیل وجود امولسیون هر ماه روغن دنـده خـود را تعـویض می کرد . در حال حاضر با استفاده از روغن دنده جدید ، بین هر تعـویض روغـن ، زمـانی بـه مدت ۶ تا ۸ ماه فاصله وجود دارد و هر دو هفته یکبـار ، آب دسـتگاهها را تخلیـه مـی کننـد . شرکت فاضلاب شهر کانتون در اوهایو که پس از هر ۶ ماه امولسیون ، آب روغن موجـود در گیربکس های کلاریفایر خود را تعویض می کرد ، اکنون با گذشـت بـیش از ٤ سـال بـا امکـان تخلیه آب ، هنوز روغن سیستمهای خود را تعویض نکرده است .

اصطکاک و سایش

قدم بعدی ، کاهش اصطکاک و پائین آوردن سایش است . عمده سایش در دو زمان بحرانـی اتفاق می افتد : در لحظه شروع و درحداکثر دمای عملیاتی تحت حداکثر بار .

هنگامی که یک گیربکس متوقف می شود روغن دنده های معمولی و سنتزی ، سطح دنده ها را ترک کرده و در نتیجه سطح دندانه ها لخت می شود . این پدیده به سایش غیرضروری در هنگام آغاز به کار مجدد منجر می شود . افزودن یک تثبیت کننده تنش برشی به روغن دنده های جدید ، یک لایه کامل روغن را بر روی دنده ها در لحظه شروع ایجاد می کند . گرچه به این مسئله در روغن های دنده توجه نمی شود ولی در کاهش سایش بسیار موثر است . با وجود سفت کننده ، هنگامی که دستگاه روشن نیست ، روغن خیلی محکم به سطح دنده می چسبد . بنابراین محافظت کامل در لحظه راه اندازی و دور نگه داشتن آب ، مانع زنگ زدگی دنده ها شده است . افزایش چسبندگی روغن ، آن را قادر می سازد تا از دنده هائی که به طور کامل درون روغن غوطه ور هستند بالا رفته و در صورتی که سطح روغن به دلیل نشتی پائین رود محافظت کامل ایجاد می کند .

در حین عملیات ، روغن های دنده معدنی و سنتزی ، دو لایه محافظ پدید می آورند که سطوح فلزی را از یکدیگر جدا نگه می دارند . لایه محافظ اولیه ، خود روغن است . در سرعت های پائین ، دماهای بالا و یا بارهای ناگهانی ، این لایه محافظ بسیار نازک شده و پاره می شود .

در این مرحله ، دومین لایه محافظ فعال می شود . افزودنی های EP در اثر گرمای اصطکاک فلز به فلز ، فعال و با سطح فلز ترکیب شده تا یک لایه شیمیائی به وجود آورد و به این ترتیب از جوش خوردگی سطوح به یکدیگر جلوگیری می کند .

ترکیبات فسفر و سولفور ، مرسوم ترین نوع از افزودنی های EP است ولی بدون توجه به ترکیبات تشکیل دهنده این افزودنی ها و با گذشت زمان ، EP کارآیی خود را از دست می دهد .

اضافه کردن لایه محافظ سوم ، روانکار جامد محلول در ورغن ، کارآیی را به طرز باور نکردنی افزایش می دهد . هنگامی که لایه روغن پاره می شود ، روانکار جامد شبیه یک بلبرینگ بسیار ریز عمل می کند و سطوح فلزی را از یکدیگر جدا می کند .

قدرت محافظت این لایه به حدی بالاست که با افزودنی های EP هرگز قابل دستیابی نیست . بنابراین روغن های یاد شده نسبت به روغن هائی که فاقد روانکار جامد هستند چندین سال بیشتر دوام می آورند . افزودنی های EP نیز به صورت یک لایه ذخیره برای مواقع مورد نیاز باقی می مانند . همچنین روانکارهای جامد با ایجاد یک سطح صاف و نرم اصطکاک ، سایش ، دمای عملیاتی و مصرف انرژی الکتریکی را کاهش می دهند .

انتخاب نوع روانکار جامد تاثیر فوق العاده ای بر روی عملکرد روغن داشته و نباید به صورت سطحی با آن برخوردشود . امروزه بیشترین ترکیباتی که به عنوان روانکار جامد به کار

می روند ، شامل دی سولفیدمولیبدن (MoS_2) ، گرافیت (C) ، پلیمرهای فلوروکربنی نظیر پلی تترافلورواتیلن PTFE) با نام تجاری تفلون) ، اکسیدهای فلزی ، پودر آلومینیوم ،منیزیم و سیلیکات با خواص بالا (با نام تاری Almasol) هستند .

کاهش آسیب رسانی به محیط زیست با استفاده ازروغن های هیدرولیک بدون روی (Zn-Free)

برای بسیاری از کاربران روغن که تنها قیمت نهائی روغن مطرح است ، قیمت بالای روغن های هیدرولیک بدون روی که نسبت به انواع متداول دارای عنصر روی بالاتر است چندان خوشایند نیست . اما عامل مهمی که مهندسان را به استفاده این گروه روانکارها ترغیب کرده است کارایی بالای روغن های Zn-Free در سیستم و محافظت بهتر از قطعات در تماس ، کاهش مشکلات زیست محیطی و آثار زیان آور فلز روی است .

فلز روی یکی از اصلی ترین مواد افزودنی ضدسایش در روانکارها محسوب می شود . یکی از مهم ترین وظائف سیالات هیدرولیک ، کاهش سایش در سیستم است و استفاده از ادتیوهای ضدسایش در کلیه روغن های هیدرولیک اجتناب ناپذیر است .

با توجه به این مسئله میزان فلز روی در این روغن ها گاهی تا ۰/۰۷ درصد وزنی نیز می رسد . از آنجائی که سیستم های هیدرولیک جدید (به ویژه در بخش پمپها) از ترکیباتی ساخته می شوند که نسبت به فلزاتی مانند روی حساسیت دارند ، بنابراین مصرف ادتیوهای دارای روی در میان بسیاری از تولیدکنندگان روانکار کاهش یافته است .

در نظر گرفتن مزایایی همچون کاهش خوردگی و سایش ، افزایش پایداری اکسیداسیون روغن ، کاهش آسیب رسانی به محیط زیست ، افزایش عمر پمپها و پایداری هیدرولیکی ، موجب ترغیب مصرف کنندگان برای استفاده از روغن های هیدرولیک بدون روی بجای روانکارهای گذشته شده است.

ضمیمه۳:
جداول معادل یابی
روغن ها وگریس های تولیدی توسط تولید کنندگان داخلی وخارجی

جدول معادل یابی روغن‌ها و گریس‌هـــای تولیدی با دیگر تولیدکنندگان داخلی و خارجی

	سطح کیفیت	روانکاران‌صنعت	بهران	پارس	ESSO	CASTROL	SHELL	BP
روغن‌های هیدرولیک	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک 100	هیدرولیک100	بابک ویژه 100	NUTO H100	HYSPIN AWS 100	TELLUS 100	Energol HLP100
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک150	هیدرولیک150	بابک ویژه 150	NUTO H150	HYSPIN AWS 150	TELLUS 150	Energol HLP150
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک220	هیدرولیک220	بابک ویژه 220	NUTO H220	HYSPIN AWS 220	TELLUS 220	Energol HLP220
روغن‌های دنده صنعتی	U.S.Steel 224	کامل پولاد68	بهران بردبار68	پارس نیسان68	Spartan EP 68	Alpha sp 68	Omala 68	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد100	بهران بردبار100	پارس نیسان100	Spartan EP 100	Alpha sp 100	Omala 100	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد 150	بهران بردبار150	پارس نیسان150	Spartan EP 150	Alpha sp 150	Omala 150	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد220	بهران بردبار220	پارس نیسان220	Spartan EP 220	Alpha sp 220	Omala 220	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد320	بهران بردبار320	پارس نیسان320	Spartan EP 320	Alpha sp 320	Omala 320	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد460	بهران بردبار460	پارس نیسان460	Spartan EP 460	Alpha sp 460	Omala 460	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد680	بهران بردبار680	پارس نیسان680	Spartan EP 680	Alpha sp 680	Omala 680	Energol HLP220
	U.S.Steel 224	کامل پولاد1000	ندارد	ندارد	Spartan EP 1000	Alpha sp 1000	Omala 1000	——
روغن‌های کمپرسور	VDL	کامل سهند 32	کمپرسور32	ندارد	COMPERESSOR PIL 32	AIRCOL PD32	CORENA 32	ENERGOL RC32
	VDL	کامل سهند46	کمپرسور 46	ندارد	COMPERESSOR PIL 46	AIRCOL PD46	CORENA 46	ENERGOL RC46
	VDL	کامل سهند68	کمپرسور 68	ندارد	COMPERESSOR PIL 68	AIRCOL PD68	CORENA 68	ENERGOL RC68
	VDL	کامل سهند100	کمپرسور100	ندارد	——	AIRCOL PD100	CORENA 100	ENERGOL RC100
	VDL	کامل سهند150	کمپرسور150	ندارد	COMPERESSOR PIL 150	AIRCOL PD150	CORENA 150	ENERGOL RC150

جدول معادل یابی روغن‌ها و گریس‌هـــای تولیدی با دیگر تولیدکنندگان داخلی و خارجی

	سطح کیفیت	روانکاران‌صنعت	بهران	پارس	ESSO	CASTROL	SHELL	BP
روغن‌های هیدرولیک T	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک T15	——	——	——	HYSPIN AWH15	TELLUS T15	Energol SHF 15
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک T22	هیدرولیک T22	——	——	HYSPIN AWH22	TELLUS T22	Energol SHF 22
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک T32	هیدرولیک T32	——	——	HYSPIN AWH32	TELLUS T32	Energol SHF 32
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک T46	هیدرولیک T46	——	——	HYSPIN AWH46	TELLUS T46	Energol SHF 46
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک T68	هیدرولیک T68	——	——	HYSPIN AWH68	TELLUS T68	Energol SHF 68
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک T100	هیدرولیک T100	——	——	HYSPIN AWH100	TELLUS T100	Energol SHF 100
روغن‌های گردشی	DIN 51524 PART 1	کامل کاوه 2	——	——	——	magna 2	——	——
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 5	——	——	——	——	——	——
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 7	——	——	——	magna 7	——	Energol EM7
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 10	——	——	——	magna 10	CARNEA 10	Energol EM10
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 15	——	——	——	——	——	——
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 22	——	——	NURAY 22	magna 22	CARNEA 22	Energol EM22
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 32	درفش 32	کیوان 32	NURAY 32	magna 32	CARNEA 32	Energol EM32
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 46	درفش 46	کیوان 46	NURAY 46	magna 46	CARNEA 46	Energol EM46
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 68	درفش 68	کیوان 68	NURAY 68	magna 68	CARNEA 68	Energol EM68
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 100	درفش 100	کیوان 100	NURAY 100	magna 100	CARNEA 100	Energol EM100
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 150	درفش150	کیوان 150	NURAY 150	magna 150	CARNEA 150	Energol EM150
	DIN 51524 PART I	کامل کاوه 220	درفش 220	کیوان 220	NURAY 220	magna 220	CARNEA 220	Energol EM220

جدول معادل یابی روغن‌ها و گریس‌هـــای تولیدی با دیگر تولیدکنندگان داخلی و خارجی

سطح کیفیت	روانکاران‌صنعت	بهران	پارس	ESSO	CASTROL	SHELL	BP
DIN 51524 PART I	کامل کاوه 320	درفش 320	کیوان 320	NURAY 320	magna 320	CARNEA 320	Energol EM320
DIN 51524 PART I	کامل کاوه 460	——	کیوان 460	NURAY 460	——	CARNEA 460	Energol EM460
	کامل بران H	ندارد	ندارد	——	ILOCUT103,106,110,330	Garia H	Energol C_F L 55
	کامل بران 211	برش 11	اسکروماشین	DORTAN 11	ILOCUT461,462	MACRON 21	——
	کامل بران212	برش 12	——	DORTAN 12	ILOCUT 480,482	MACRON 21	——
روغن‌های خالص ماشینکاری	کامل بران 213	ندارد	——	DORTAN 13	ILOCUT 152,156	Garia B	Sevora 32,46
	کامل بران214	ندارد	——	DORTAN 14	——	——	——
	کامل بران232	ندارد	——	DORTAN 32	——	——	——
	کامل بران 233	برش 33	——	DORTAN 33	ILOCUT 331,334	Garia T	——
	کامل بران234	برش 34	——	DORTAN 34	——	——	——
	کامل بران236	برش 36	——	DORTAN 36	ILOCUT 1201,170	Garia T	Sevora S68
	کامل بران237	ندارد	——	DORTAN 37	——	——	——
	کامل بران251	ندارد	——	DORTAN 51	ILOFORMBWN 205	Garia D,927	Cilora 10
	کامل بران253	برش 53	——	DORTAN 53	——	——	ENERGOL CE ML73
	کامل بران255	ندارد	——	DORTAN 55	HONILO 401	——	——
روغن‌های چندمنظوره ماشین ابزار	کامل قوام K32	——	——	FEBIS K32	ندارد	Tonna T32	Energol HP 10C
	کامل قوام K46	——	——	FEBIS K46	ندارد	ندارد	ندارد
	کامل قوام K68	مقاوم K68	——	FEBIS K68	Magna BD 68	Tonna T68	Energol Mp 20C
	کامل قوام K100	——	——	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
	کامل قوام K150	——	——	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
	کامل قوام K220	مقاوم K220	——	FEBIS K220	Magna CF 220	Tonna T 220	Energpl HP 60C

جدول معادل یابی روغن‌ها و گریس‌هـــای تولیدی با دیگر تولیدکنندگان داخلی و خارجی

سطح کیفیت		روانکاران‌صنعت	بهران	پارس	ESSO	CASTROL	SHELL	BP
روغن‌های حل شونده		کامل تراش	تراش	اترک	Kutwell 40	Hysol m	Dromus B	Energol SB 4
		کامل تراش S	ندارد	ندارد	ندارد	Syntilo 3	Metalina GR	FEDORA G
		کامل تراش ویژه S	ندارد	ندارد	ندارد	Syntilo 3	Metalina GR	FEDORA G
روغن های فرآیند		کامل تایر 840	تایر 840	ندارد	FLEXON 842	——	——	——
		کامل تایر 845	تایر 845	ندارد	FLEXON 845	——	——	——
روغن‌های موتور	API SJ/CF/CF4	روغن موتور سوپر کامل	بهران پیشتاز 20W50	پارس پایا 20W50	——	——	——	——
	API SE/CC	کامل تکران 10W30	رخش10W30	سوپرجم10W30	EXTRA 10W-30	CTX 10W30	SUPER MOTOR 10W30	SUPER VISCO 10W30
	API SE/CC	کامل تکران 20W40	رخش20W40	سوپر جم20W40	EXTRA 20W-40	CTX 20W40	SUPER MOTOR 20W40	SUPER VISCO 20W40
	API SE/CC	کامل تکران 20W50	رخش20W50	سوپرجم20W50	EXTRA 20W-50	CTX 20W50	SUPER MOTOR 20W50	SUPER VISCO 20W50
	API SB/CB	کامل تکرو SAE10W	ندارد	کیان SAE10W	——	——	——	——
	API SB/CB	کامل تکرو SAE20W20	ندارد	ندارد	——	——	——	——
	API SB/CB	کامل تکرو SAE30	توسن SAE30	کیان SAE30	——	——	——	——
	API SB/CB	کامل تکرو SAE40	توسن SAE40	کیان SAE40	——	——	——	——
	API SB/CB	کامل تکرو SAE50	ندارد	ندارد	——	——	——	——
	API CD	کامل دیزل SAE10W	آذرخش ویژه 10W	پاسارگاد 10W	ESSOLUBE D3 HD 10W	DEUSOL CRD 10W	RIMULA CT 10W	VANELLUS C3 10W
	API CD	کامل دیزل SAE30	آذرخش ویژه SAE30	پاسارگاد SAE30	ESSOLUBE D3 HD 30W	DEUSOL CRD 30W	RIMULA CT 30W	VANELLUS C3 30W
	API CD	کامل دیزل SAE40	آذرخش ویژه SAE40	پاسارگاد SAE40	ESSOLUBE D3 HD 40W	DEUSOL CRD 40W	RIMULA CT 40W	VANELLUS C3 40W
	API CD	کامل دیزل SAE50	ندارد	ندارد	ESSOLUBE D3 HD 40W	DEUSOL CRD 50W	RIMULA CT 50W	VANELLUS C3 50W

جدول معادل‌یابی گریس‌های تولیدی شرکت روانکاران صنعت با دیگر تولیدکنندگان داخلی و خارجی

نوع سفت کننده	روانکاران صنعت	بهران	پارس	ESSO	CASTOL	SHELL	BP
صابون کلسیم	کامل گریس کلسیم	لعل	راوند	ESTAN	CUP GREASE	UNEDO	ENERGREASE GP
صابون سدیم	کامل گریس سدیم	———	تفتان	ANDOK	———	NERTA	———
صابون لیتیوم	کامل گریس لیتیوم	———	ماهان	BEACON	SPHEEROL AP	ALVANIA	ENERGREASE LS
صابون لیتیوم EP	کامل گریس لیتیوم ویژه EP	ندارد	ندارد	BEACON	SPHEEROL EP	ALVANIA EP	ENERGREASE HT
صابون کلسیم کمپلکس	کامل گریس کلسیم کمپلکس	———	کلسیم کمپلکس	NEBULSTAN	———	———	———
صابون کلسیم+ پرکننده گرافیت	کامل گریس کلسیم گرافیت	———	راوند گرافیته	———	———	———	———
خاک بنتونیت	کامل گریس بنتون	ندارد	پارس کوهین	NORVA 275	SPHEEROL BN	DARINA	ENERGREASE B2

* تمام گریس‌های فوق از درجه NLGI00 تا NLGI4 تولید می‌گردد

جدول معادل یابی روغن‌ها و گریس‌های تولیدی با دیگر تولیدکنندگان داخلی و خارجی

	سطح کیفیت	روانکاران‌صنعت	بهران	پارس	ESSO	CASTROL	SHELL	BP
روغن‌های دنده	API GL 1	کامل دنده SAE90	سمندیک 90	پارس خودرو 90	GEAR OIL ST 90	ST 90	DENTAX 90	GEAR OIL 90
	API GL 1	کامل دنده SAE140	سمندیک 140	پارس خودرو 140	GEAR OIL ST 40	ST 140	DENTAX 140	GEAR OIL 140
	API GL 4	کامل دنده SE75W EP	ندارد	ندارد	GP 75W	——	SPIRAX EP 75W	GEAR OIL EP 75W
	API GL 4	روان دنده SE80W EP	سمند 80W	ندارد	GP 80W	——	SPIRAX EP 80W	GEAR OIL EP 80W
	API GL 4	کامل دنده90 SE85W EP	سمند85W90	ندارد	GP 80W90	HYPOY 90	SPIRAX EP 90W	GEAR OIL EP 90W
	API GL 4	کامل دنده SAE85W 140 EP	سمند85W140	ندارد	GP 75W140	HYPOY 140	SPIRAX EP 140W	GEAR OIL EP 140W
	API GL 5	کامل دنده ویژه 75WEP	ندارد	ندارد	GEAR OIL GX 75W	——	SPIRAX HD75W	HYPOGEAR 75W
	API GL 5	کامل دنده ویژه 80WEP	ندارد	مدوس 80EPS	GEAR OIL GX 85W	——	SPIRAX HD80W	HYPOGEAR 80W
	API GL 5	کامل دنده ویژه 85W90EP	سمند ویژه 85W90	ندارد	GEAR OIL GX 85W90	DEUSOL EP 90	SPIRAX HD90W	HYPOGEAR 90EP
	API GL 5	کامل‌دنده‌ویژه 85W140EP	سمند ویژه 140W85	ندارد	GEAR OIL GX 85W140	DEUSOL EP 140	SPIRAX HD140W	HYPOGEAR 140EP
	DEXRON IID	کامل‌اتوماتیکATF	بهران اتوماتیک	پارس انتقال	ATF DEXRON IID	DEVSOL ATF	ATF DEXRON IID	AUTRAN DXII
روغن‌های هیدرولیک	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک5	ندارد	ندارد	NUTO H5	ندارد	ندارد	ندارد
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک10	ندارد	ندارد	NUTO H10	HYSPIN AWS 10	TELLUS 10	Energol HLP10
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک 15	ندارد	ندارد	NUTO H15	HYSPIN AWS 15	TELLUS 15	Energol HLP15
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک22	هیدرولیک 22	بابک ویژه 22	NUTO H22	HYSPIN AWS 22	TELLUS 22	Energol HLP22
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک32	هیدرولیک 32	بابک ویژه 32	NUTO H32	HYSPIN AWS 32	TELLUS 32	Energol HLP32
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک46	هیدرولیک 46	بابک ویژه 46	NUTO H46	HYSPIN AWS 46	TELLUS 46	Energol HLP46
	DIN 51524 PART II	کامل هیدرولیک68	هیدرولیک68	بابک ویژه 68	NUTO H68	HYSPIN AWS 68	TELLUS 68	Energol HLP68

مراجع:

۱- راهنمای عملی روغنکاری و انتخاب روغنها، **arlandsdown** ترجمه مهندس اکبرشیر خورشیدیان

۲-**oil hydraulic systems, s.r.majdar**

۳-