پودمان ۴

روانکاری تجهیزات

توجه به روانکاری تجهیزات، تأثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها خواهد داشت.

واحد یادگیری ۴
روانکاری تجهیزات

مقدمه

روانکاری به عنوان علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر تعریف شده است. روان‌کننده ماده‌ای است که برای کاهش اصطکاک بین دو سطح، در بین آنها قرار می‌گیرد. روانکاری تجهیزات، افزایش عمر مفید دستگاه‌ها، کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها را در پی دارد. در این پودمان هنرجویان با تهیهٔ چند نمونه روغن روان‌کننده، روانکاری پمپ‌ها، کمپرسورها آشنا می‌شوند. در ابتدای این پودمان، مطالب تئوری مربوط به روانکاری، انواع روانکارها، روش تهیهٔ روغن‌های پایه از نفت خام، ویژگی‌ها، خواص فیزیکی و شیمیایی روانکارها مطرح شده و در بخش‌های دیگر، مطالبی در مورد سامانه‌های روانکاری پمپ‌ها و کمپرسورها ارائه شده است.

استاندارد عملکرد

تهیهٔ چند نمونه روانکار و بازرسی دوره‌ای سطح سیال روانکار و انجام دوره‌ای تخلیه و بارگیری سیال روانکار مطابق دستور کار

شایستگی‌های غیرفنی

۱ **اخلاق حرفه‌ای:** حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین
۲ **مدیریت منابع:** شروع به‌کار به‌موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات
۳ **کار گروهی:** حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
۴ **مستندسازی:** گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی
۵ **محاسبه و کاربست ریاضی**

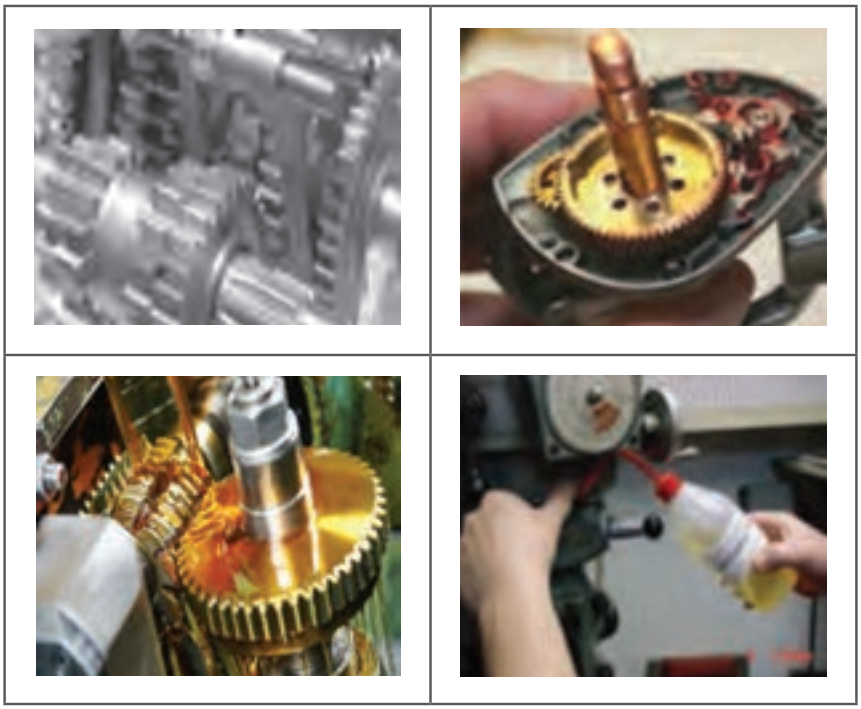
پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود

۱ چند نمونه روغن روان‌کننده را تهیه نمایند.
۲ روانکاری پمپ‌ها را انجام دهند.
۳ روانکاری کمپرسورها را انجام دهند.
۴ نظافت محیط و تجهیزات را انجام دهند.

روانکاری

بحث گروهی

آیا تاکنون از باز و بسته شدن یک درِ فلزی، به‌دلیل صدای ناخوشایند آن آزرده شده‌اید؟ به نظر شما ، علاج مشکل چیست؟

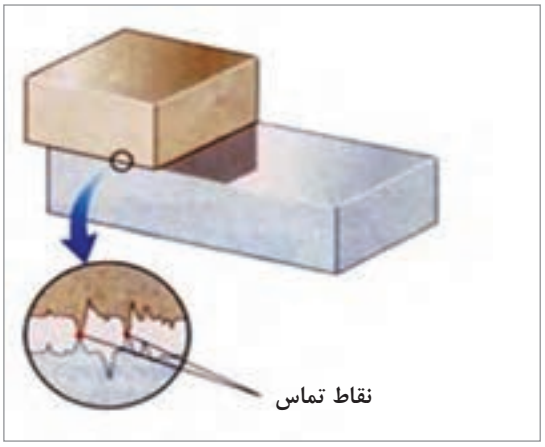


فیلم

فیلم آموزشی روانکاری

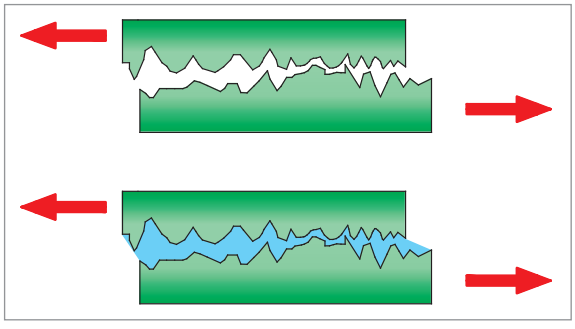
بسیاری از ما با کلمهٔ روانکاری آشنا هستیم، ولی از معنی و مفهوم علمی و فنی آن آگاه نیستیم. در یک تعریف ساده، روانکاری، روشی است برای جلوگیری از اصطکاک و سایش سطوح متحرکی که روی یکدیگر قرار می‌گیرند. اصطکاک، عبارت از نیرویی است که در برابر حرکت یک سطح بر روی سطح دیگر، مقاومت می‌کند. بنابراین اصطکاک وقتی وجود دارد که سطوح نسبت به یکدیگر دارای حرکت باشند. ولی منشأ اصطکاک در کجاست؟

در حقیقت، سطح واقعاً صاف وجود ندارد و اغلب سطوح، دارای پستی و بلندی‌هایی در اندازهٔ میکرون هستند (شکل ۱). نیروی فشاری بین سطوح مختلف باعث می‌شود تا این بلندی‌ها تغییر شکل پیدا کرده و به اصطلاح به یکدیگر جوش سرد بخورند. با افزایش نیروی فشاری، تعداد این نقاط زیادتر شده و نیروی لازم برای شکست این جوش‌ها بیشتر خواهد شد.



شکل ۱ــ پستی و بلندی سطوح در تماس با یکدیگر

به عبارت دیگر می‌توان گفت که: «نیروی اصطکاک، مقاومت در برابر حرکت دو سطح در تماس با یکدیگر است.» همان‌طور که می‌دانید، وجود اصطکاک در اغلب ماشین‌آلات، نامطلوب بوده و همواره در پی کم کردن و یا حذف آن هستیم. چرا که باعث فرسایش، ایجاد حرارت و در نهایت کم شدن عمر مفید تجهیزات خواهد شد. همان‌طور که بیان شد روانکاری از مهم‌ترین روش‌های حل این مشکل است (شکل ۲). توجه داشته باشید هیچ‌گاه نمی‌توان اصطکاک را به‌طور کامل حذف نمود، یعنی حتی در حالت روانکاری هم اصطکاک وجود دارد. اصطکاک را درصورت وجود روانکار، «اصطکاک تر» و درصورت موجود نبودن روانکار، «اصطکاک خشک» می‌نامند. در صنعت همواره تلاش می‌شود تا اصطکاک خشک به اصطکاک تر تبدیل شود. برای جداسازی سطوح در تماس با یکدیگر، می‌توان از مقدار کافی روانکار استفاده کرد. بنابراین وظیفهٔ اصلی روانکار، کاهش میزان اصطکاک بین سطوح متحرک و ثابت است.



شکل ۲ــ جداسازی سطوح توسط روانکار

بحث گروهی

اگر دوچرخهٔ خود را مدت زمان زیادی روانکاری نکنید، چه پیامدهایی خواهد داشت؟

وظایف روانکارها

روغن‌های روان‌کننده بسته به شرایط کار دستگاه، وظایف زیر را دارند:

۱ **روانکاری:** روانکاری عبارت است از تشکیل لایه‌ای از روغن با ضخامت مناسب بین قطعات متحرک به منظور کمتر کردن اصطکاک و ساییدگی قطعات در هنگام کار.

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

۳ **ضربه‌گیری:** یکی از ویژگی‌های مهم روغن،کاهش تأثیر نامطلوب ضربات در هنگام انجام حرکت مکانیکی روی قطعات است، بدین معنی که روغن از تأثیر منفی ضربه‌های قطعات بر یکدیگر جلوگیری می‌کند.

۴ **حفاظت از سطوح:** روانکارها، سطوح قطعات فلزی را در مقابل زنگ‌زدگی و خوردگی شیمیایی محافظت می‌کنند.

۵ **آب‌بندی:** آب‌بندی قطعات نیز از ویژگی‌های مهم روغن است. برای مثال، روغن موتور با تشکیل لایه‌ای از روغن بین پیستون و سیلندر در موتورهای احتراق داخلی از فرار گازهای متراکم شده، جلوگیری می‌کند.

۶ **انتقال مواد و تمیزکاری:** روانکارها ذرات ناشی از ساییدگی قطعات و مواد ناشی از تجزیهٔ روغن و سوخت را به‌صورت معلق نگه‌داشته و با خود حمل می‌کنند. با این کار تمیزکردن قطعات و جلوگیری از ته‌نشینی آلودگی‌ها توسط روانکارها انجام می‌شود.

۷ **صرفه‌جویی:** استفاده از روانکارها، به دلیل کاهش اصطکاک، موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

بسته به کاربرد روغن، موارد ذکر شده ممکن است بعضی از وظایف اصلی روغن (روانکار) و بقیه به‌عنوان وظایف فرعی مطرح باشد.

روغن‌ها برای اینکه بتوانند وظایف خود را به‌درستی انجام دهند باید دارای ویژگی‌های معینی باشند.

خواص ضروری روانکارها

روغن‌های روان‌کننده باید خواص و ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

۱ گرانروی مناسبی داشته باشند تا لایهٔ (فیلم) روغن با ضخامت مناسب تشکیل شود و وظایف کم شدن اصطکاک و ساییدگی، انتقال حرارت، ضربه‌گیری و آب‌بندی را به‌خوبی انجام دهند.

۲ گرانروی خود را در محدودهٔ دمای کاری حفظ کنند تا لطمه‌ای به انجام وظایف آنها وارد نشود.

۳ در مقابل تجزیهٔ حرارتی و اکسید شدن مقاومت داشته باشند.

۴ باعث زنگ‌زدگی و خوردگی قطعات، که توسط مواد اسیدی و ساینده به‌وجود می‌آید، نشوند.

۵ دارای مواد پاک‌کننده و معلق مناسب باشند تا از ته‌نشینی رسوب‌ها در لابه‌لای قطعات جلوگیری نمایند.

۶ مواد آلوده‌کنندهٔ خارجی مثل گرد و خاک و... همراه نداشته باشند.

۷ درهنگام کار و استفاده از آنها ایجاد کف نکنند.

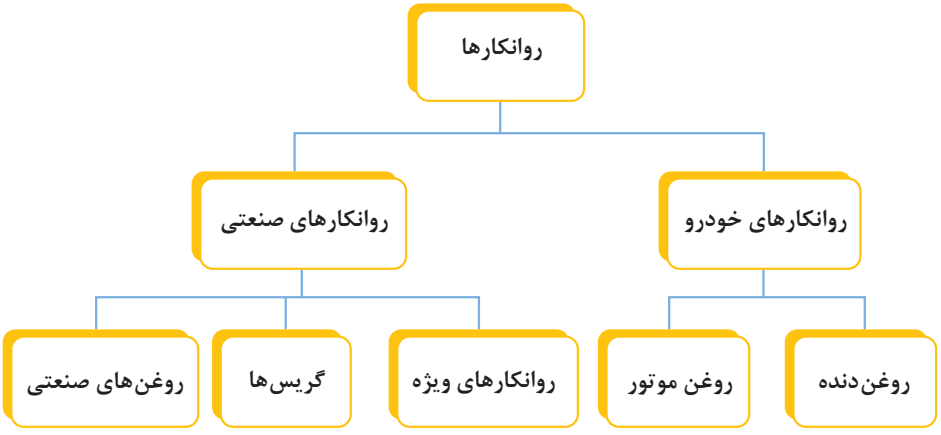
ویژگی‌های ذکر شده در تمام روغن‌ها به‌طور مشترک ضروری است ولی ممکن است در هر مورد خاص، موارد معینی از آنها اولویت داشته باشد.

تقسیم‌بندی انواع روانکارها

بحث گروهی

به نظر شما آیا می‌توان از یک روغن خاص برای روانکاری هر وسیله‌ای استفاده کرد؟

شکل ۳، طرح ساده‌ای از تقسیم‌بندی انواع روانکارها را برحسب نوع کاربرد آنها نمایش می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌کنید روانکارها را در یک نگاه کلی می‌توان به دو دستهٔ بزرگ روانکارهای خودرو و روانکارهای صنعتی تقسیم کرد. روانکارهای خودرو نیز به دو دستهٔ روغن دنده و روغن موتور تقسیم‌بندی می‌شوند. روانکارهای صنعتی نیز به سه دستهٔ عمده شامل روغن‌های صنعتی، گریس‌ها و روانکارهای ویژهٔ دیگر مثل روانکارهای فلزکاری[1] و... تقسیم می‌شوند.



شکل ۳ـ طرح ساده‌ای از تقسیم‌بندی انواع روانکارها برحسب نوع کاربرد

روانکارها را از نظر نوع حالت نیز می‌توان به چهار دستهٔ روان‌کننده‌های گازی، مایع، جامد و نیمه جامد (گریس‌ها) طبقه‌بندی کرد. در ادامه به توضیح هرکدام از این روانکارها پرداخته می‌شود.

الف) روانکارهای گازی: روانکارهای گازی مانند هوا، هلیوم، بخار مایعات و... در دماهای خیلی بالا و یا پایین و یا در مواردی که پرتوهای هسته‌ای در محیط وجود دارند، استفاده می‌شوند. یکی از خصوصیات بسیار مهم روانکارهای گازی این است که گرانروی آنها با تغییر دما، تغییر چندانی نمی‌کند و به همین دلیل این روانکارها، کاربردهای وسیعی در صنعت دارند. روانکارهای گازی اصطکاک کمی دارند، عاری از ناخالصی‌اند و خاصیت سرریزی را ندارند. علاوه بر آن، این نوع روانکارها به‌دلیل سرریز نکردن، می‌توانند مواد مطمئنی در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی باشند. روانکاری راکتورهای اتمی، ماشین‌های ریسندگی پرسرعت، توربین‌های گازی، موتورجت، اولتراسانتریفیوژها[2] و... از جمله موارد کاربرد این دسته از روانکارها هستند.

۱ـ به فرایند کار کردن با فلزات برای ساخت محصولات فلزی، فلزکاری می‌گویند.

۲ـ Ultracentrifuge

شکل ۴ـ یک نوع روانکار مایع

ب) روانکارهای مایع: این نوع روانکارها، اغلب مایعاتی هستند که با اعمال فشار می‌توانند به خوبی به فضای میان دو سطح نفوذ کرده و سطوح مورد نظر را روانکاری کنند. روانکارهای مایع علاوه بر روانکاری، گرمای میان سطوح در حال تماس را جذب کرده و آن را از محیط خارج می‌سازند. این روانکارها از مواد معدنی مانند نفت خام، قطران زغال سنگ و یا از منابع طبیعی مانند گیاهان و در بعضی موارد از حیوانات ساخته می‌شوند (شکل ۴).

در بین انواع روانکارها، روانکارهای مایع بیشترین کاربرد را دارند و در سه دستهٔ زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- روغن‌های پایهٔ طبیعی (حیوانی، گیاهی و معدنی[۱])
- روغن‌های مصنوعی[۲]
- روغن‌های نانو[۳]

اغلب روغن‌ها به‌صورت مستقیم و خالص قابل استفاده نیستند، به این جهت آنها را با مواد افزودنی[۴] خاصی مخلوط می‌کنند تا بتوانند گرانروی و خواص مورد نظر را در آنها ایجاد کنند. در بازار بیش از ۳۰۰ نوع روغن مایع موجود است که کاربردهای متنوعی دارند. در این میان روغن‌های زیر از اهمیّت و کاربرد بیشتری برخوردار هستند:

- روغن‌های خودرو؛
- روغن‌های چرخ دنده؛
- روغن‌های یاتاقان؛
- روغن‌های موتورهای الکتریکی؛
- روغن‌های کمپرسورهای هوا؛
- روغن‌های توربین؛
- روغن‌های برش‌کاری.

هر کدام از روانکارها و روغن‌های ذکر شده دارای استاندارد خاصی هستند. از مهم‌ترین آنها روغن موتور خودروها است که کاربرد وسیعی در صنعت دارد.

روانکارهای پایه طبیعی

ـ روغن‌های حیوانی: با روغن‌های حیوانی به خوبی آشنا هستید، از جملهٔ این روغن‌ها می‌توان روغن پیه نهنگ، روغن دنبه، روغن خوک و روغن پاچه گاو را نام برد. این روغن‌ها قبلاً برای روغن‌کاری موتور اتومبیل به‌کار گرفته می‌شدند، ولی اکنون در چرم‌سازی مصرف دارند. از دیگر روغن‌های حیوانی، روغن «گراز دریایی» است که در دبّاغی و

۱ـ Mineral Oils
۲ـ Synthetic Oil
۳ـ Nano Oil
۴ـ Additive

صابون‌سازی کاربرد دارد. همهٔ روغن‌های مذکور ریشهٔ حیوانی داشته و در دمای معمولی با ثبات هستند، ولی در دماهای بالا ثبات و پایداری خود را از دست داده و تجزیه می‌شوند. از این روغن‌ها برای روغن‌کاری چرخ‌های خیاطی، ساعت‌ها و ماشین‌آلات سبک استفاده می‌گردد. از روغن «چنگال گراز دریایی» جهت روغن‌کاری ساعت‌های گران‌قیمت، آلات و ابزار دقیق، نفیس و حساس بهره گرفته می‌شود. هیچ‌یک از روغن‌هایی که ریشهٔ حیوانی دارند، برای روغن‌کاری موتورهای احتراق داخلی مناسب نیستند، زیرا در دماهای بالا با تولید اسیدهای چرب، باعث خوردگی قطعات موتور می‌شوند. این روغن‌ها به عنوان روان‌ساز در صنایع آرایشی، غذایی، صابون‌ها و شوینده‌ها نیز کاربرد دارند.

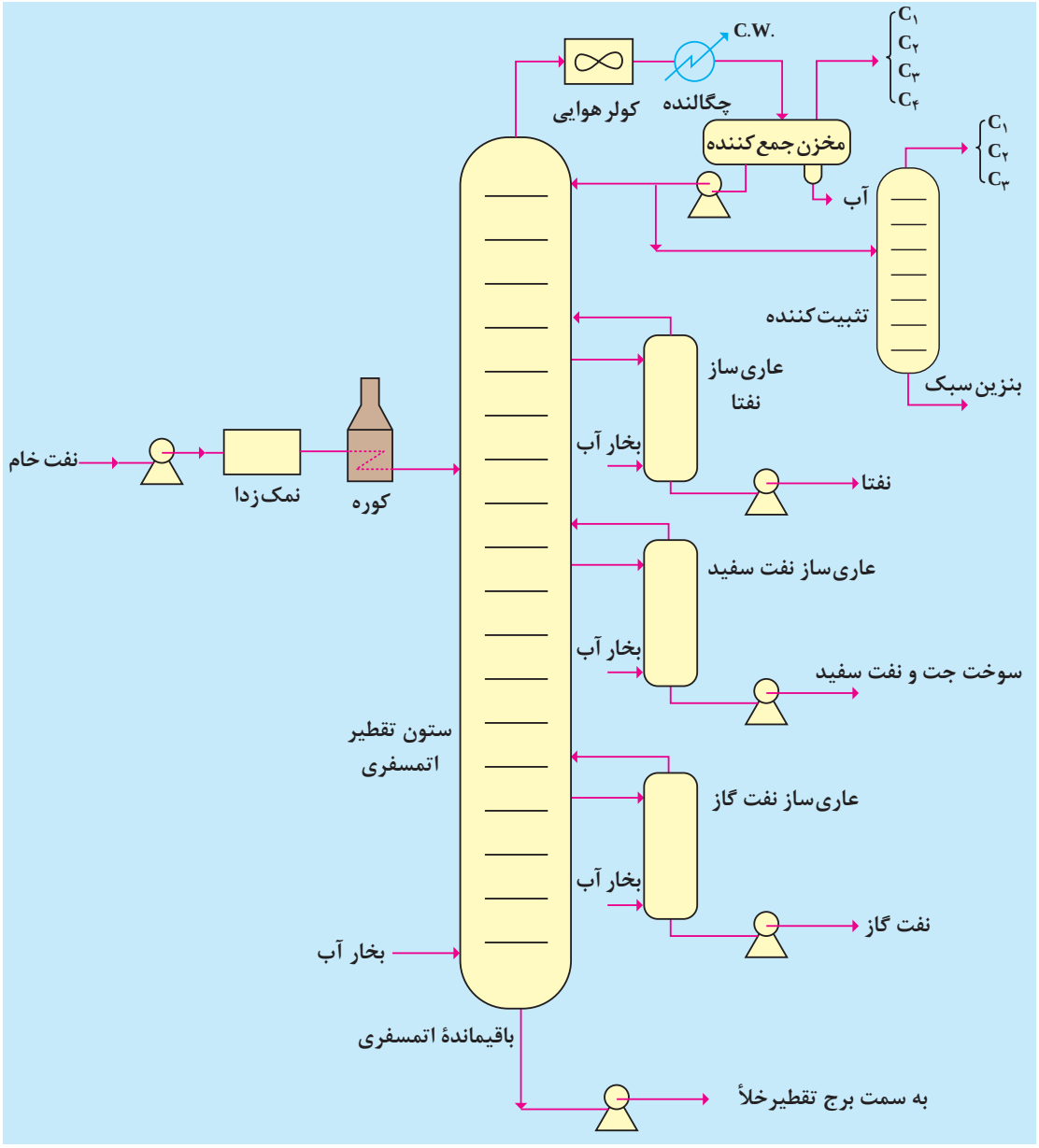
ـ **روغن‌های گیاهی:** روغن‌های گیاهی، مانند روغن کرچک، زیتون، پنبه‌دانه، هسته انگور و ... روغن‌هایی هستند که پایهٔ گیاهی دارند. این روغن‌ها زمانی که در معرض هوا قرارگیرند با اکسیژن هوا ترکیب شده و اکسید می‌شوند. روغن‌های گیاهی و حیوانی، اصطکاک کمتری نسبت به روغن‌های معدنی دارند، و می‌توانند براده‌ها و ساییدگی‌های فولاد را از بین ببرند، به همین دلیل برای برش فولادهای سخت، از روغن پنبه‌دانه به‌عنوان روغن برش استفاده می‌شود.

ـ **روغن‌های معدنی:** امروزه روغن‌هایی که ریشهٔ معدنی دارند به‌طور گسترده‌ای در موتورهای احتراق داخلی همچون موتور پیستونی اتومبیل و هواپیما به‌کار گرفته می‌شوند. زیرا به آسانی قابل پمپ کردن بوده و به‌راحتی به صورت ذرات ریز تبدیل می‌شوند. از طرفی، روغن‌های مایع توانایی بسیار خوبی در جذب حرارت و پخش آن دارند و لایهٔ روان‌ساز خوبی بین قطعات متحرک به‌وجود می‌آورند.

مزایای روغن‌های معدنی عبارت‌اند از:

۱ خواص فیزیکی و شیمیایی آنها را در هنگام تولید می‌توان به خوبی کنترل کرد.
۲ قابلیت تحمل طیف وسیعی از دما را دارند.
۳ با مواد شیمیایی آلی، قابل مخلوط شدن هستند.
۴ ارزان بوده و به‌راحتی در دسترس هستند.
۵ دارای پایداری و مقاومت مناسبی می‌باشند.
۶ از نظر شیمیایی بی‌اثر بوده و غیر خورنده هستند.
۷ قابلیت جذب و انتقال حرارت بالایی دارند.

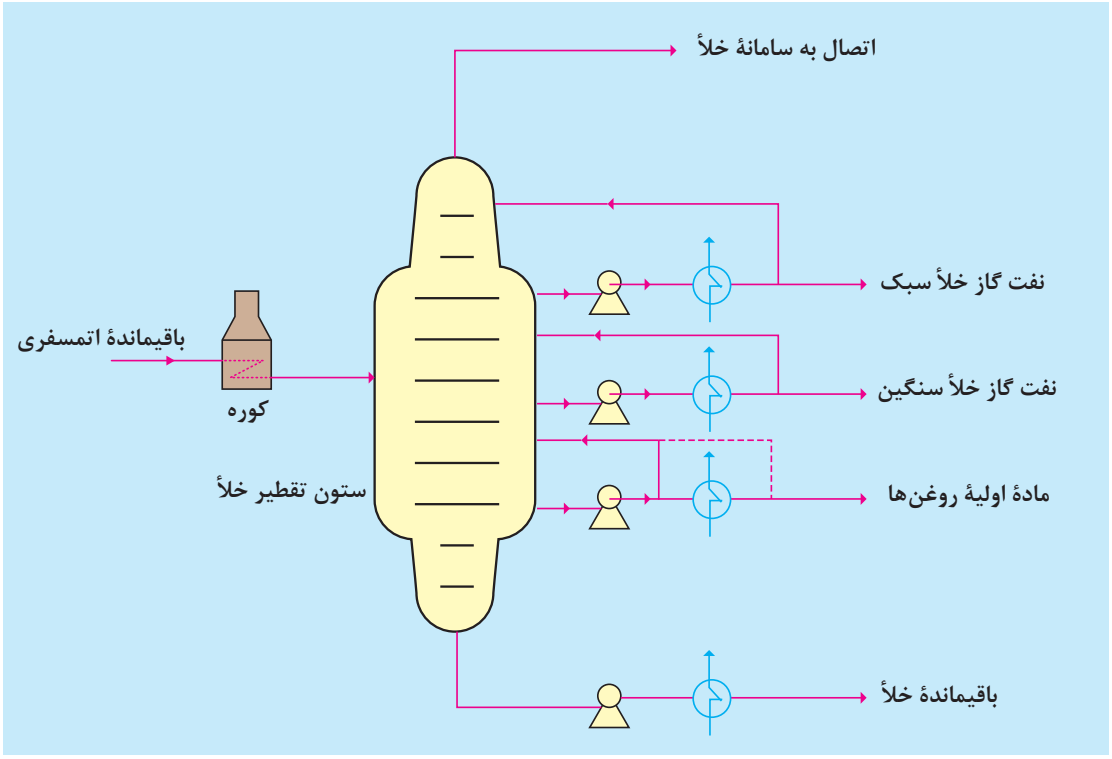
روش تهیهٔ روغن‌های معدنی: اغلب روغن‌های معدنی از نفت خام به‌دست می‌آیند. نفت خام پس از استخراج و جدا شدن گازها و نمک‌های محلول در آن، توسط پمپ‌های مخصوص وارد پالایشگاه‌های نفت می‌شود و با انجام عملیات تقطیر، فراورده‌های مختلفی از جمله روغن‌های معدنی از آن به‌دست می‌آید (شکل ۵).



شکل ۵ــ تقطیر اتمسفری نفت خام

باقیماندهٔ تقطیر اتمسفری به برج تقطیر در خلأ فرستاده می‌شود (شکل ۶). یکی از محصولات برج تقطیر خلأ، برش روغن‌های معدنی[۱] است که به‌عنوان مادهٔ اولیهٔ روغن به کارخانه‌های روغن‌سازی ارسال می‌شود.

۱ـ Lube Cut



شکل ۶ـ تقطیر خلأ باقیماندهٔ اتمسفری

واحدهای روغن‌سازی

خوراک اولیهٔ کارخانجات روغن‌سازی، از برج تقطیر در خلأ به‌دست می‌آید. برش‌های حاصل از تقطیر، ترکیبات نامطلوبی دارند که برای روانکاری مناسب نیستند. وجود بعضی از ترکیبات در روغن باعث می‌شود که روغن پس از مدت کوتاهی سیاه شده و گرانروی آن بالا رود، همچنین این ترکیبات ممکن است تولید اسیدکرده و در داخل روغن به‌صورت نامحلول باقی بماند. وظیفهٔ واحدهای روغن‌سازی جدا نمودن ناخالصی‌های موجود در روغن و تولید روغن پایه با کیفیت مناسب است. به‌عنوان مثال مواد آروماتیکی سنگین، موم‌ها (پارافین‌های سنگین) و... باید از روغن جدا شوند.

واحدهای پالایشگاهی تولید روغن:

۱ **واحد فورفورال**[۱]: وجود هیدروکربن‌های آروماتیک در روغن‌های روانکار مناسب نیست، زیرا موجب اکسید شدن، سیاه شدن، تولید لجن، و ایجاد ویژگی‌های نامطلوب در روغن می‌شود. در واحد استخراج، با استفاده از حلال فورفورال، این‌گونه مواد موجود در روغن‌های اولیه از آنها جدا می‌گردد.

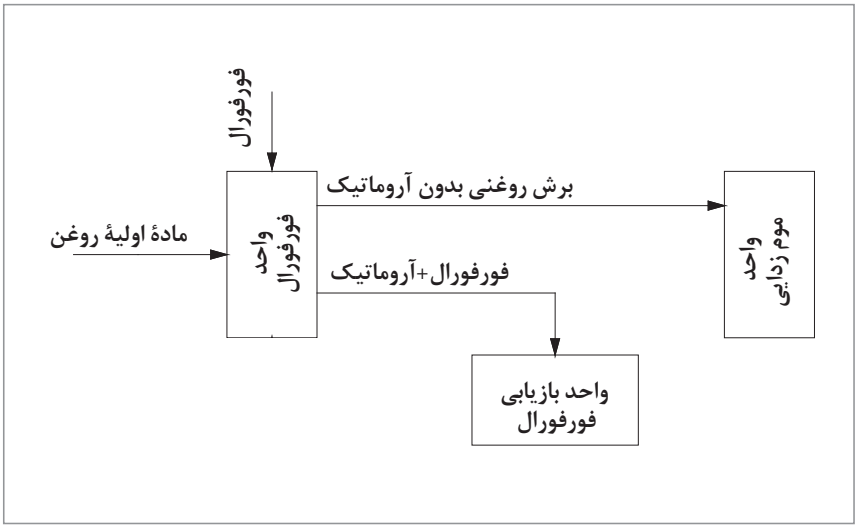
خوراک ورودی (مادهٔ اولیه روغن) ابتدا توسط تعدادی مبدل، پیش‌گرم شده و وارد برج جداکننده می‌شود. در این برج از بالا حلال فورفورال و از پایین خوراک گرم شده وارد می‌شود. به‌دلیل اختلاف چگالی، خوراک گرم شده و

۱ـ Furfural Extraction Unit

فورفورال در جهت مخالف یکدیگر شروع به حرکت می‌کنند. در این مرحله چون فورفورال خاصیت انتخاب‌پذیری مواد آلی را دارد، تا حدود زیادی مواد آروماتیکی سنگین را جدا کرده و به سمت پایین برج هدایت می‌شود و از بالای برج نیز محصولی که حاوی برش‌های سبک روغنی است، خارج شده و به واحد مومزدایی ارسال می‌شود.

نکته ایمنی

فورفورال یک حلال آلی بدون رنگ و دارای بوی تند و تیزی است. این ماده، اندکی سمّی بوده و حلال بیشتر مواد آلی است و مواد غیرآلی در آن نامحلول هستند. از لحاظ حرارتی پایدار بوده و خواص فیزیکی آن تقریباً تا ۲۳۰ درجهٔ سلسیوس ثابت می‌ماند.



شکل ۷ـ نمای ساده‌ای از واحد استخراج با فورفورال

مواد پایین برج واحد فورفورال، پس از جداسازی حلال فورفورال، برای استفاده در صنایع لاستیک‌سازی، سوخت کوره و...، فرستاده می‌شود.

۲ **واحد موم زدایی:** واحد مومزدایی به‌دلیل استفاده از حلّال متیل اتیل کتون[۱] (MEK) به این نام معروف است و عملیات جداسازی موم (واکس[۲]) را انجام می‌دهد. خوراک این واحد که از واحد فورفورال تأمین می‌شود، حاوی پارافین‌های سنگین و موم‌هایی با نقطهٔ ریزش[۳] بالا است. برای پایین آوردن نقطهٔ ریزش روغن، موم را باید از آن جدا کرد.

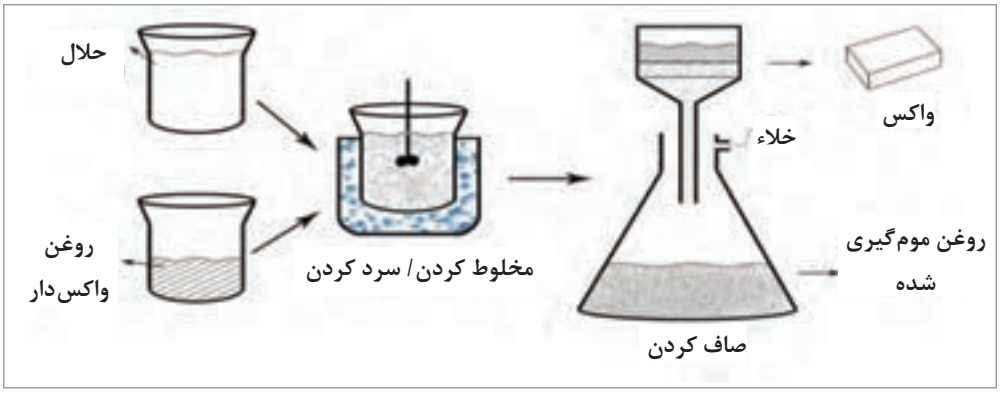
در این عملیات، خوراک را تحت شرایط معیّنی با حلّال (مخلوط تولوئن و متیل اتیل کتون) مخلوط کرده و سپس سرد می‌کنند (۱۰ـ تا ۲۵ـ درجهٔ سلسیوس). در این مرحله بلورهای پارافینی سنگین (واکس) تشکیل شده

۱ـ Methyl _ ethyl _ ketone

۲ـ Wax

۳ـ نقطهٔ ریزش در صفحهٔ ۱۲۱، توضیح داده شده است.

و به‌صورت مواد نامحلول در حلّال، ظاهر می‌شوند. سپس با عبور مخلوط از صافی‌های مناسب، موم متبلور، از روغن و حلّال جدا می‌شود. موم حاصله پس از انجام عملیات تکمیلی، به‌عنوان محصول جانبی پالایشگاه، به‌صورت پارافین جامد به بازار عرضه می‌گردد (شکل ۸).
برش صاف شده، به ستون تقطیر ارسال می‌شود تا حلّال از روغن جدا شود. حلّال بازیابی شده به واحد موم‌گیری بازگردانده شده و روغن برای عملیات نهایی به واحد مربوطه فرستاده می‌شود.



شکل ۸ــ جداسازی موم از روغن

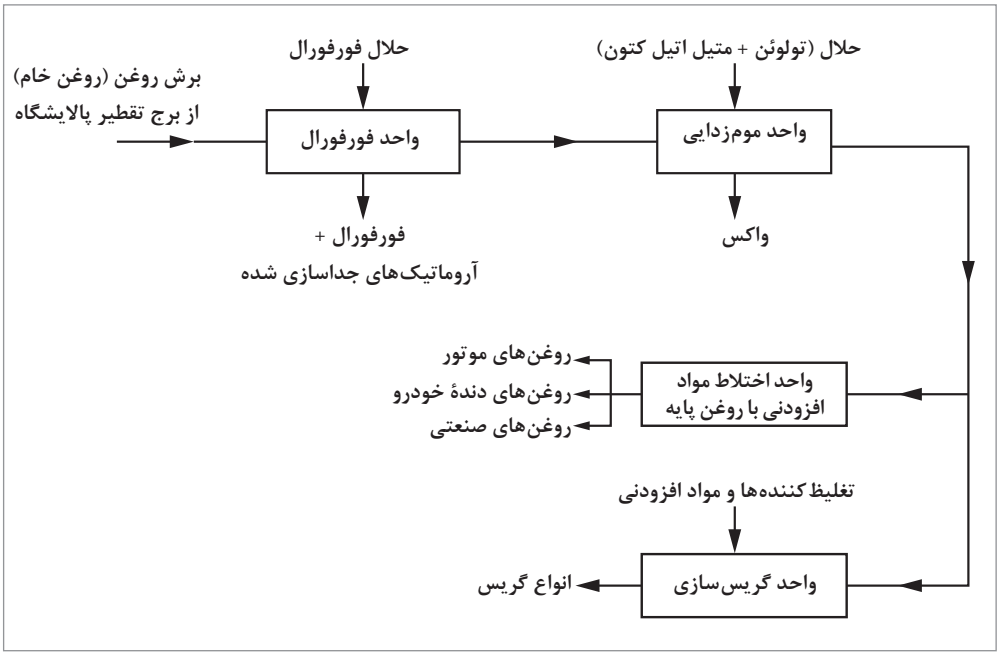
تحقیق کنید

توجهات زیست‌محیطی حلّال‌های فورفورال و متیل‌اتیل‌کتون را با استفاده از برگه‌های MSDS تهیه کرده و در کلاس ارائه دهید.

۳ **واحد تصفیهٔ نهایی:** پس از عملیات استخراج با فورفورال و موم‌زدایی، روغن معمولاً مشخصات فیزیکی لازم را به‌دست می‌آورد ولی بد رنگ و ناپایدار است. هدف از عملیات تصفیه، بهبود رنگ و افزایش پایداری روغن است. پیش از این، تصفیهٔ روغن به‌وسیلهٔ خاک‌های جاذب رنگ‌بر انجام می‌شد، ولی از سال ۱۳۳۹ شمسی (۱۹۶۰ میلادی) بیشتر از روش‌های تصفیه با هیدروژن[۱] استفاده می‌شود. در این روش با حذف ناخالصی‌های گوگردی، نیتروژنی و اکسیژنی توسط هیدروژن، رنگ روغن بهبود و پایداری آن افزایش می‌یابد و گاهی نیز گرانروی روغن بهتر می‌شود.
محصول نهایی واحد تصفیه، روغن پایه نام دارد و با افزایش مواد افزودنی، برای تولید انواع روانکارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱ـ Hydrofinishing

درشکل ۹ نمودار کلی یک واحد روغن‌سازی (بدون تصفیه با هیدروژن) نشان داده شده است.



شکل ۹ـ فرایند تولید روغن‌های روان‌کننده

امروزه کلیهٔ روانکارها اعم از معدنی و یا مصنوعی، برای داشتن کارایی مناسب و مطلوب، نیازمند افزودن مواد شیمیایی دیگری (افزودنی‌ها) هستند که بتوانند خواص مورد نیاز را در روانکار ایجاد نمایند. این مواد شیمیایی ضمن اینکه خواص‌جدیدی به روانکار می‌دهند، می‌توانند برخی از ویژگی‌های موجود در روانکار را تقویت و از بروز برخی پدیده‌های نامطلوب جلوگیری نمایند. همچنین این مواد شیمیایی موجب طولانی‌تر شدن عمر روانکار می‌شوند. کارایی یک روانکار به کیفیت روغن پایه و نوع و میزان افزودنی‌های آن بستگی دارد. مواد افزودنی مورد استفاده ممکن است یک یا چند گروه از انواع زیر باشند:

- ✓ بازدارنده‌های اکسایش[۱]؛
- ✓ بهبود دهنده‌های گرانروی[۲]؛
- ✓ مواد پایین آورندهٔ نقطهٔ ریزش[۳]؛
- ✓ مواد افزودنی پاک‌کننده و معلق‌کننده[۴]؛
- ✓ ضد کف‌ها[۵]؛

۱ـ Anti Oxidants
۲ـ Viscosity Index Improver
۳ـ Pour Point Depressants
۴ـ Dispersants and Detergents
۵ـ Anti Foams/ Defoamers

- ✓ امولسیون‌کننده و جداکنندهٔ امولسیون[1]؛
- ✓ مواد ضدسائیدگی[2]؛
- ✓ مواد ضدخوردگی و ضدزنگ‌زدگی[3].

در تهیهٔ روانکارها، مقدار افزودنی‌ها از چند ppm تا ۵ درصد وزنی می‌تواند تغییر کند.

روغن‌های مصنوعی

با توجه به قدرت و بازدهی بالای موتورهای پیشرفتهٔ امروزی که در شرایط سختی کار می‌کنند، روانکاری قطعات آنها توسط روغن‌های تولید شده از هیدروکربن‌های معدنی امکان‌پذیر نیست. همچنین برای صنعت هواپیمایی، کمبود روغن موتور با نقطهٔ ریزش خیلی پایین و نیاز به روغن‌های با کیفیت‌های بالا، باعث استفادهٔ روزافزون و توسعهٔ روغن‌های مصنوعی[4] (سنتزی) شده است. برخلاف روغن‌های معدنی که از تصفیهٔ نفت خام به‌دست می‌آیند، روغن‌های مصنوعی از طریق متصل کردن یک یا چند جزء آلی مشخص با وزن مولکولی کم در شرایط تنظیم شده، ساخته می‌شوند.

مشخصه‌های بارز روغن‌های مصنوعی عبارت‌اند از:

۱ تغییرات کم گرانروی نسبت به تغییرات دما؛

۲ ثبات شیمیایی و پایداری؛

۳ طول عمر بالا؛

۴ مقاومت در برابر اکسایش، پرتوهای رادیواکتیو و حرارت؛

۵ فرّاریّت کم؛

روغن‌های مصنوعی دارای قیمت‌های بیشتری نسبت به روغن‌های معدنی می‌باشند و همین امر باعث شده است که روغن‌های معدنی در صنایع و ماشین‌آلات، موارد استفاده زیادی داشته باشند.

روغن‌های مصنوعی نیاز به فرایندهای پیچیده و هزینه‌های بالای تولید دارند.

روغن‌های نانو: فناوری نانو با آرایش اتم‌ها در مقیاس نانومتری، از کنار هم قرار گرفتن صدها اتم در اندازهٔ نانومتر، خصوصیات جدید و ممتازی را در مواد ایجاد می‌کند. این فناوری در زمینه‌های مختلف علمی وارد شده و در صنایع مختلف نیز، محصولاتی بر این پایه ایجاد شده است. در این میان، افزودنی‌های روغن موتور و سوخت نیز تحت تأثیر نانوفناوری قرار گرفته و محصولات مربوطه، وارد بازار شده است. نانوذرات در فاصلهٔ بین دو سطح درگیر شده و در سوراخ‌های بسیار ریز سطوح قرار می‌گیرند و خواص ضداصطکاک و ضدسایش، نسبتاً بالایی در سطوح ایجاد می‌کنند. به همین جهت می‌توان از آنها در فرمولاسیون روغن استفاده نمود. در واقع این توانایی

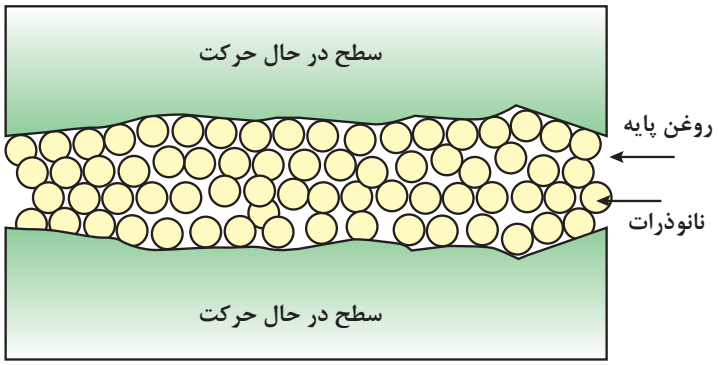
۱ـ Emulsifiers and Demulsifiers

۲ـ Anti Wear

۳ـ Anti Corrosion & Anti Rust

۴ـ Synthetic

نانوذرات، به کروی بودن آنها مربوط می‌شود که مانند ساچمهٔ بلبرینگ (شکل ۱۰) قرار گرفته و موجب کاهش اصطکاک می‌شوند. نانو ذرهٔ نیکل به‌عنوان یک ضد سایش و ضد اصطکاک در روغن‌های روان‌کننده به‌کار می‌رود. نانو افزودنی‌های روغن، به‌طور اساسی بر صرفه‌جویی سوخت و بازدهی بیشتر موتور تأثیر دارند.

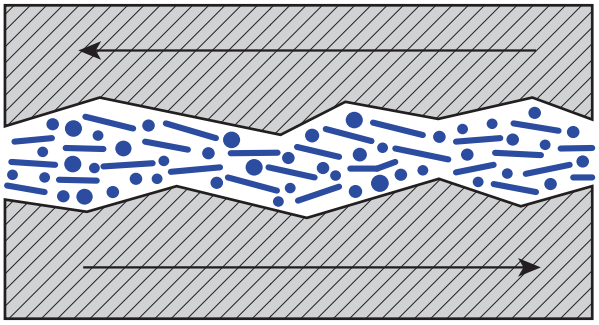


شکل ۱۰ــ عملکرد نانوذرات در روغن

به‌طور کلی، خواصی که برای نانو افزودنی‌ها ذکر شده است عبارت‌اند از: کاهش اصطکاک، کاهش ساییدگی، ترمیم سطوح درگیر و بهبود خواص سطحی، افزایش عمر موتور، کاهش هزینهٔ تعمیر و نگهداری، کاهش صدای موتور و گازهای آلاینده، جلوگیری از اکسایش روغن و تمیز کردن سامانهٔ سوخت‌رسانی.

پ) روانکارهای جامد: روانکارهای جامد به عنوان یک لایهٔ نازک برروی سطوح در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند تا این سطوح به‌راحتی بر روی یکدیگر بلغزند (شکل ۱۱). به‌کارگیری این نوع از روانکارها با پیشرفت فناوری‌ها، بسیار مورد توجه قرارگرفته است. این روانکارها دارای مقاومت بسیار پایین، سختی کم، پیوستگی بالا، پایداری حرارتی و خنثی بودن از لحاظ شیمیایی هستند. همچنین این روانکارها برای کار در شرایط به خصوص مانند خلأ، دمای زیاد و تجهیزاتی مثل راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شوند. مقاومت در خلأ، دماهای زیاد و پرتوهای رادیواکتیو و فرّاریّت کم، از مهم‌ترین خواص یک روانکار جامد است. گرافیت، بورنیترید، تنگستن دی‌سولفید و برخی ترکیبات آلی جامد مانند فتالوسیانین، میکا، تالک و... از انواع روانکارهای جامد هستند که در این بین، گرافیت بیشترین کاربرد را دارد.
روانکارهای جامد را در جایی که نتوان از روانکارهای دیگر استفاده کرد (دمای زیاد و شرایط سخت)، به‌کار می‌برند. به عنوان مثال در پروانهٔ کشتی و دینام‌ها فقط استفاده از روانکار جامد امکان‌پذیر است.

منظور از شرایط سخت، شرایطی است که استفاده از روغن، سبب آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود.



شکل ۱۱ــ شیوهٔ عملکرد روانکار جامد

استفاده از روغن‌های جامد به عنوان مادهٔ نرم در روغن‌کاری دستگاه‌ها با سرعت کم، رضایت‌بخش است اما این روغن‌ها قادر به پخش سریع حرارت ماشین‌ها و دستگاه‌های پر سرعت نیستند. روغن‌های جامد با پر کردن نقاط پست روی فلز، آن را به صورت سطحی کاملاً صاف پرداخت کرده و در همان حال، یک لایهٔ لغزان جهت کاهش اصطکاک، فراهم می‌آورند. زمانی که یک روان‌ساز جامد به خوبی پودر شده باشد، می‌تواند به‌عنوان یک سایندهٔ نرم به منظور صاف کردن سطح ناهموار، مورد استفاده قرار گیرد. بعضی از روغن‌های جامد قادرند بارهای سنگین را تحمل کنند و از این رو با مخلوط کردن آنها با روغن‌های مایع، ساییدگی سطوح در معرض فشار را کاهش می‌دهند.

ت) روانکارهای نیمه‌جامد (گریس‌ها)

گریس یک محصول نیمه مایع تا جامد است که از پراکنده کردن مادهٔ سفت‌کننده در روغن پایه به‌دست می‌آید. در بیشتر موارد به‌منظور ایجاد و تقویت بعضی از خواص، به آن مواد افزودنی اضافه می‌کنند. به لحاظ تاریخی در مصر باستان در حدود ۱۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، از مخلوط کردن روغن زیتون و آهک چنین روانسازهایی تهیه می‌شده است و برای روانکاری محور چرخ‌های ارابه‌های چوبی از آن استفاده می‌کردند. امروزه با پیشرفت صنعت، گریس‌های متنوعی با کارایی‌های متفاوتی تولید می‌شود. اجزای تشکیل‌دهندهٔ گریس، عبارت‌اند از یک سیّال پایه (عموماً روغن‌های پایه)، صابون و غلظت‌دهنده‌ها به همراه انواع افزودنی‌ها مانند بهبوددهندهٔ گرانروی، ضدخوردگی، ضداکسیداسیون، ضدکف و... تا خواص مورد نیاز را فراهم سازند. شکل ۱۲ چند نمونه گریس را نشان می‌دهد. این مواد در هنگام فرایند روانکاری، تحت تأثیر فشار به حالت مایع درمی‌آیند و با تمام شدن فرایند، حالت جامد خود را باز می‌یابند.

شکل ۱۲ــ چند نمونه گریس

کاربرد گریس‌ها به نوع صابونی که در تولید آنها به‌کار می‌رود، بستگی دارد و بر این اساس در کاربردهای عمومی چهار نوع گریس وجود دارند:

- گریس با پایهٔ کلسیم؛
- گریس با پایهٔ لیتیم؛
- گریس با پایهٔ سدیم؛
- گریس با پایهٔ باریم.

گریس پایهٔ کلسیم، مقاومت خوبی در برابر آب دارد ولی دمای زیاد را تحمل نمی‌کند. از این گریس‌ها، برای روغن‌کاری پمپ‌ها استفاده می‌شود.

گریس پایهٔ سدیم، اگرچه مقاومت حرارتی خوبی دارد و در بلبرینگ‌ها نیز استفاده می‌شود، ولی نسبت به آب، مقاومت کمی دارد.

از جمله خواص عمومی گریس‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ آب‌بندی دستگاه که مانع ورود گرد و غبار به داخل آن می‌شوند.
- ✓ نیاز به بازرسی مداوم نداشته و اغلب تا مدت‌ها کارایی خود را حفظ می‌کنند.
- ✓ استفاده از مقدار کمی از آنها، روانکاری خوبی را ایجاد می‌کند.
- ✓ در محیط‌های گوناگون پایداری خوبی دارند.

روانکاری با گریس نسبت به روانکاری با روغن مزایایی دارد که عبارت‌اند از:

- قابلیت ماندگاری در محل روانکاری، حتی در مواردی که دستگاه و یا قطعهٔ روانکاری شده آب‌بندی خوبی نداشته باشد و احتمال جدایی روانکار از سطوح زیاد باشد.
- سهولت مصرف و کاهش دفعات روانکاری به‌خصوص در مواردی که تعویض روان‌کار در فاصله‌های زمانی کوتاه امکان‌پذیر نباشد.
- موجب کامل‌تر شدن آب‌بندی دستگاه‌ها و کاهش نشتی روانکار می‌شود.
- چسبندگی روانکار به قطعات در شرایط دما و فشار زیاد به خوبی انجام می‌شود.

جهت انتخاب گریس مناسب برای کاربردهای مختلف توجه به نکته‌های زیر ضروری است:

- ✓ محدودهٔ دمایی قطعه روانکاری شده؛
- ✓ بیشترین سرعت حرکت نسبی قطعات؛
- ✓ فشار و بار اعمال شده به قطعهٔ روانکاری شده در هنگام عملکرد؛
- ✓ میزان حضور آب یا رطوبت در محیط؛
- ✓ جنس سطوح روانکاری شده؛
- ✓ تغییرات pH محیط؛
- ✓ نفوذناپذیری قطعات ریز و مجاری دستگاه‌ها.

تحقیق کنید

با استفاده از منابع اینترنتی، دسته‌بندی‌های دیگری از روانکارها را معرفی کنید.

فعالیت عملی ۱

تهیهٔ روانکارهای طبیعی

الف) تهیهٔ روانکار حیوانی:

۱ مقداری دنبهٔ گوسفند تهیه کرده، آن را بشویید و سپس خُرد کنید.
۲ دنبه‌ها را در ظرف مناسب ریخته و روی شعلهٔ ملایم قرار دهید.
۳ هنگام حرارت دادن گاهی محتویات ظرف را هم بزنید.
۴ اجازه بدهید تا روغن دنبه‌ها کاملاً خارج شود.
۵ محتویات ظرف را صاف کنید و در ظرف در بستهٔ مناسب، جمع‌آوری کرده و در یخچال نگهداری کنید.

ب) تهیه روانکار گیاهی:

۱ مقداری دانه‌های تازهٔ زیتون (هستهٔ انگور و یا کنجد) تهیه کنید.
۲ در صورت لزوم دانه‌ها را با آب بشویید و اجازه دهید تا خشک شوند.
۳ دانه‌ها را در ظرف مناسب ریخته و با هاون له کنید، هسته‌های زیتون را جدا کنید.
۴ زیتون له شده را داخل پارچهٔ مناسب ریخته و تحت فشار قرار دهید تا روغن آن خارج شود.
۵ روغن تهیه شده را در ظرف در بستهٔ مناسب جمع‌آوری کرده و در یخچال نگهداری کنید.

روغن‌های تهیه شده حیوانی و گیاهی را از نظر رنگ، بو، حالت، گرانروی، چگالی و... مقایسه کنید.
در این مرحله، روانکار پایه تهیه شده است. با اضافه کردن مواد افزودنی مانند مواد ضداکسایش، ضد زنگ، ضدکف و... می‌توان انواع روانکار با خصوصیات مختلف تهیه نمود.

فعالیت عملی ۲

تهیه و بررسی خواص روانکارها

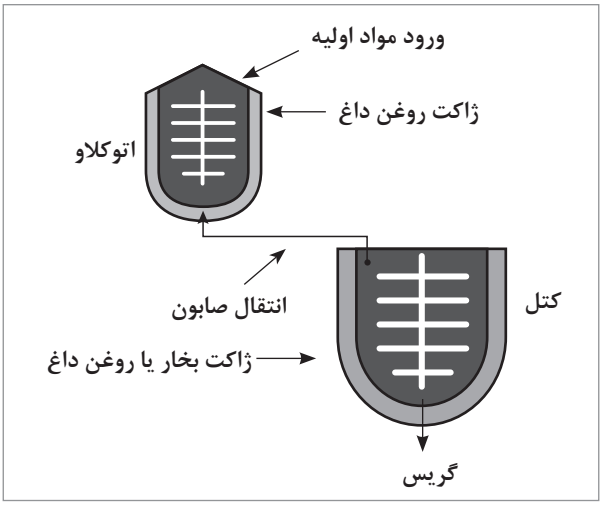
- ☐ چند نمونه روانکار مصنوعی خریداری کنید.
- ☐ حدود ۵ میلی‌لیتر از هر روانکار را به درون لوله‌های آزمایش بریزید.
- ☐ آنها را از نظر رنگ، بو، شفافیت، چگالی، گرانروی و... با یکدیگر مقایسه کنید.
- ☐ همین مقایسه‌ها را با روغن‌های گیاهی و حیوانی تهیه شده در فعالیت عملی ۱ نیز انجام دهید.

تهیهٔ گریس

در صنعت مطابق شکل صفحهٔ بعد، پس از ساخت صابون، مواد به داخل دستگاه پخت گریس به نام «کتل[۱]» انتقال یافته و سپس روغن به آن افزوده می‌شود. این دستگاه مشابه اتوکلاو عمل می‌کند با این تفاوت که تحت فشار قرار نمی‌گیرد. در زمان پخت، صابون در داخل روغن به صورت بلورهای ریز درآمده و مخلوطی به

۱- Kettle

حالت ژلاتینی به وجود می‌آورد. رشد بلورها در روغن از عمده و حساس‌ترین مراحل پخت گریس است. اگر از مواد اولیه به‌ویژه روغن پایه نامرغوب استفاده شود، ساختار بلورهای به‌وجود آمده، ضعیف شده و در زمان کارکرد در شرایط عادی و یا سخت، صابون از روغن جدا و گریس خاصیت روانکاری را از دست خواهد داد.



فعالیت عملی ۳

تهیهٔ یک نوع گریس

۱ مقداری دوده، پودرصابون و روغن زیتون تهیه کنید.
۲ در یک بشر تمیز، دوده و پودرصابون را به نسبت ۱:۱۰۰ با یکدیگر مخلوط کنید.
۳ بشر و محتویات آن را بر روی حرارت غیرمستقیم (حمام آب گرم) قرار دهید.
۴ مطابق جدول زیر با درصدهای مختلف روغن و صابون اقدام به تهیهٔ گریس کنید و هر نمونه را با یک شماره مشخص کنید.
۵ روغن زیتون را قطره‌قطره و به آرامی به مخلوط فوق اضافه کرده و مرتب هم بزنید تا خمیر یکنواختی به‌دست آید.

نمونه‌ها	روغن معدنی (٪)	صابون (٪)
۱	۷۰	۳۰
۲	۸۰	۲۰
۳	۹۰	۱۰

کیفیت گریس‌های تولیدی را از نظر رنگ، قوام، پایداری، ... با یکدیگر مقایسه کنید.

خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها

خواص فیزیکی و شیمیایی، معیار خوبی برای کنترل کیفیت محصول تولیدی می‌باشد. انجام آزمایش‌های گوناگون فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها می‌تواند تغییرات ایجاد شده در روغن در اثر کارکرد و علت آن را تعیین نماید.
آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیار زیادی هست که هر کدام می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در رابطه با خصوصیات روغن‌های روان‌کننده به ما نشان دهد، ولی باید توجه داشت که نتایج این آزمایش‌ها همیشه کافی نبوده و بسیاری از مصرف‌کنندگان عمدهٔ روغن، مانند ارتش و سازندگان ماشین‌آلات، آزمایش عملکردی[۱] خاصی را توصیه می‌نمایند. خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها که می‌توان آنها را با آزمایش‌های گوناگون به‌دست آورد عبارت‌اند از:

۱ گرانروی؛
۲ چگالی؛
۳ نقطهٔ اشتعال و احتراق[۲]؛
۴ نقطهٔ ریزش و ابری شدن[۳]؛
۵ رنگ؛
۶ چگالی نسبی؛
۷ مقدار آب؛
۸ تعیین مقدار خاکستر[۴]؛
۹ باقیماندهٔ کربنی[۵]؛
۱۰ صابونی شدن[۶]؛
۱۱ تعیین مقدار گوگرد؛
۱۲ پایداری در مقابل اکسیدشدن[۷]؛
۱۳ عناصر شیمیایی؛
۱۴ تمایل به ایجادکف[۸].

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب همراه هنرجو و منابع اینترنتی، استانداردهای بین‌المللی و ملی خواص فیزیکی و شیمیایی روانکارها را بیابید و در کلاس ارائه دهید.

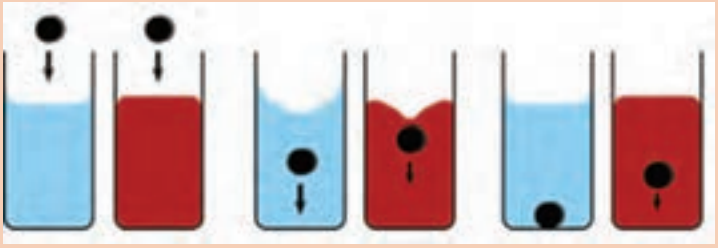
در ادامه به توضیح برخی از این خواص پرداخته می‌شود.

۱ـ Performance Tests
۲ـ Flash&Fire Point
۳ـ Pour&Cloud Point
۴ـAsh
۵ـCarbon Residue
۶ـ Saponification
۷ـ Oxidation Stability
۸ـ Foaming Tendency

گرانروی

بحث گروهی

به تصویر داده شده توجه کنید. چه تفسیری از آن دارید؟ با هم‌گروهی خود بحث کرده و نتیجه را در کلاس اعلام کنید.



گرانروی، کمیّتی است که میزان مقاومت داخلی یک سیّال را در مقابل جریان یافتن نشان می‌دهد. این مقاومت نتیجهٔ اصطکاک مولکول‌هایی است که بر روی هم می‌لغزند. به عبارت ساده‌تر گرانروی، برعکس سیّالیّت است. گرانروی در دماهای معیّن اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً حرارت زیاد، موجب کم شدن گرانروی سیّال و پایین آمدن دما باعث افزایش آن خواهد شد (به جز گازها).

پرسش

به تصویر زیر نگاه کنید، از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

مقایسهٔ چشمی گرانروی

از آنجا که گرانروی عامل بسیار مهمی در روغن‌های صنعتی است، تمام مشخصات طراحی شده برای روغن‌های صنعتی، به گرانروی آنها ارجاع داده می‌شود. گرانروی روغن در دمای کاری، مشخص کنندهٔ خواص روغن در مقابل اصطکاک می باشد. هنگام انتخاب روغن، لازم است روغن غلیظ انتخاب شود تا تشکیل یک لایهٔ نازک بین دو سطح درگیر امکان‌پذیر شود و از تماس مستقیم قطعات ثابت و متحرک جلوگیری به‌عمل آید. نیروی اصطکاک با ضخیم شدن لایهٔ روغن نسبت مستقیم دارد. اگر روغن خیلی رقیق باشد، ممکن است نتواند دو سطح متحرک فلزی را کاملاً از هم جدا نگه دارد (به دلیل کم شدن لایهٔ روغن) و در نتیجه، در بعضی از نقاط دو سطح با هم

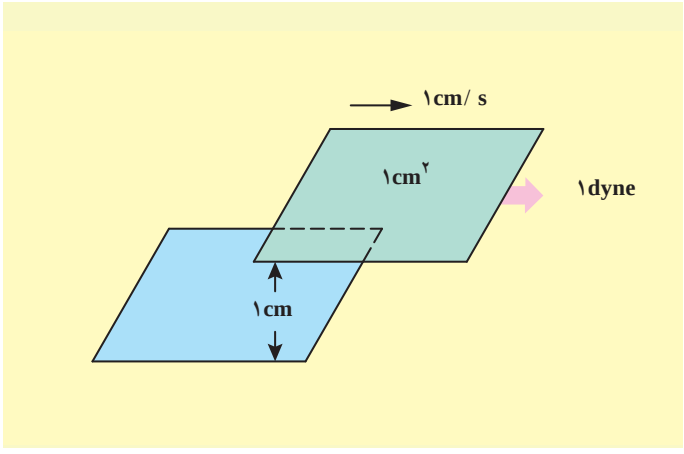
تماس پیدا می‌کنند و گرمای ناشی از اصطکاک باعث کمتر شدن گرانروی روغن و تماس بیشتر فلز با فلز می‌شود. هرچه تماس دو سطح فلزی بیشتر شود، گرمای حاصله بالاتر خواهد رفت تاجایی که باعث جوش خوردن دو سطح (گریپاژکردن) و توقف ماشین می‌شود. در اتومبیل‌های سواری فاصلهٔ بین دمای شروع به کار و هنگام عملیات زیاد است، بدین‌جهت باید در انتخاب روغن دقت کافی به‌عمل آید تا هنگام شروع به کار موتور در هوای سرد، روغن جریان داشته باشد و از طرفی نیز در گرمای عملیات، گرانروی آن مناسب باشد.

فکرکنید

به شکل روبه‌رو توجه کنید. کدام سیّال بیشترین گرانروی و کدام کمترین گرانروی را دارد ؟

انواع گرانروی:

گرانروی دینامیک یا مطلق[1]: این گرانروی را با علامت μ نشان می‌دهند و واحد اندازه‌گیری آن در سامانهٔ cgs، پویز[2] (P) می‌باشد. یک پویز عبارت از گرانروی دینامیکی سیالی است که اگر نیروی یک دین به یک سطح فرضی به مساحت یک سانتی‌متر مربع از آن اعمال شود، با سرعت یک سانتی‌متر بر ثانیه نسبت به سطح دیگری که در فاصلهٔ یک سانتی‌متری آن است، حرکت کند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ـ تعریف یک پویز

از نظر ابعادی می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{سرعت} \times \text{سطح}} = \frac{(MLT^{-2})(L)}{(L^{2})(LT^{-1})} = \frac{M}{LT} \rightarrow \frac{g}{cm.s} = P$$

۱ـ Dynamic Viscosity
۲ـ Poise

به عبارت دیگر، یک پویز عبارت است از یک گرم بر سانتی‌متر. ثانیه واحد دیگر اندازه‌گیری گرانروی دینامیک، سانتی‌پویز [۱] (cP) می‌باشد. رابطهٔ بین پویز و سانتی‌پویز چنین است:

$$۱\ P = ۱۰۰\ cP$$

در سامانهٔ FPS واحد اندازه‌گیری گرانروی دینامیکی، پوند جرمی بر فوت ساعت است. رابطهٔ سانتی‌پویز با این واحد چنین است:

$$۱cP = ۲/۴۲ \frac{Ib_m}{ft.h}$$

گرانروی نسبی[۲]: عبارت است از نسبت گرانروی دینامیکی سیّال به گرانروی آب در دمای ۲۰°C و یا به عبارت ساده:

$$\text{گرانروی نسبی در دمای } T\ (°C) = \frac{\text{گرانروی دینامیکی در دمای } T\ (°C)}{\text{گرانروی دینامیکی آب در دمای } ۲۰°c}$$

چون گرانروی آب در دمای ۲۰°C برابر با یک cP است، بنابراین مقدار عددی گرانروی نسبی و دینامیکی برابر است.

گرانروی سینماتیک[۳]: در یک سیّال جاری (در حال حرکت)، که لایه‌های مختلف آن نسبت به یکدیگر جابه‌جا می‌شوند، به مقدار مقاومت لایه‌های سیال در برابر لغزش روی هم، گرانروی سینماتیک می‌گویند و آن را با علامت υ نشان می‌دهند. مطابق معادلهٔ زیر، مقدار گرانروی سینماتیک برابر است با نسبت گرانروی دینامیکی به چگالی سیّال در همان دما.

$$\upsilon = \frac{\mu}{d}$$

از نظر ابعادی می‌توان نوشت:

$$\upsilon = \frac{\mu}{d} \rightarrow \frac{\frac{M}{LT}}{\frac{M}{L^۳}} = \frac{L^۲}{T} \rightarrow cm^۲/s$$

بنابراین در سامانهٔ cgs، واحد گرانروی سینماتیک، سانتی‌مترمربع بر ثانیه است که به آن استوکس (St)[۴] می‌گویند. به‌دلیل بزرگی واحد استوکس از نظر عددی، برای گرانروی سینماتیک از واحد کوچک‌تری، به نام سانتی‌استوکس(cSt)[۵] استفاده می‌شود.

$$۱St = ۱۰۰cSt$$

۱ـ Centi Poise
۲ـ Relative Viscosity
۳ـ Cinematic Viscosity
۴ـ Stokes
۵ـ Centi Stokes

پرسش

ثابت کنید:

$$1\frac{m^2}{s}=10^4 St$$

وسایلی که برای اندازه‌گیری گرانروی سیالات به‌کار می‌روند، مستقیماً گرانروی آنها را اندازه‌گیری نمی‌کنند. بلکه این وسایل، زمان عبور مقدار معیّن نمونه را از یک مجرای استاندارد، اندازه‌گیری می‌کنند و سپس با استفاده از یک ضریب تبدیل که توسط سازندگان تعیین می‌شود، زمان اندازه‌گیری شده به گرانروی سینماتیک تبدیل می‌شود. در جدول ۱، گرانروی سینماتیک چند محصول نفتی آورده شده است.

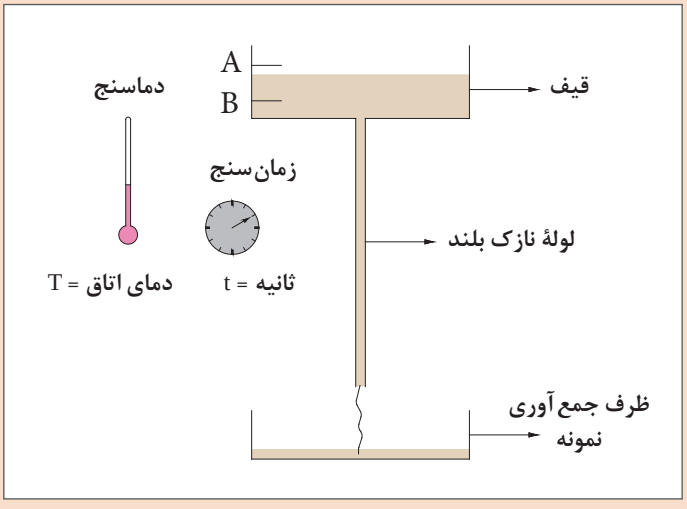
جدول ۱ــ گرانروی سینماتیک چند نمونه از محصولات نفتی

نام ماده	دمای آزمایش (°C)	گرانروی سینماتیک (eSt)
نفت گاز (گازوئیل)	۳۷/۸ (۱۰۰ °F)	۲ـ ۵/۵
نفت کوره	۵۰ (۱۲۲ °F)	حداکثر ۸۰
روغن موتور SAE ـ۳۰	۸۱/۱ (۲۱۰ °F)	۹/۷ـ۱۲

فعالیت عملی ۴

مقایسهٔ گرانروی

با استفاده از امکانات موجود در کارگاه (قیف، دماسنج، کرونومتر و...) همانند شکل زیر آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان به راحتی و به سرعت، گرانروی مایعات و مواد نفتی مختلف نظیر نفت سفید و روغن موتور را با یکدیگر مقایسه کرد.

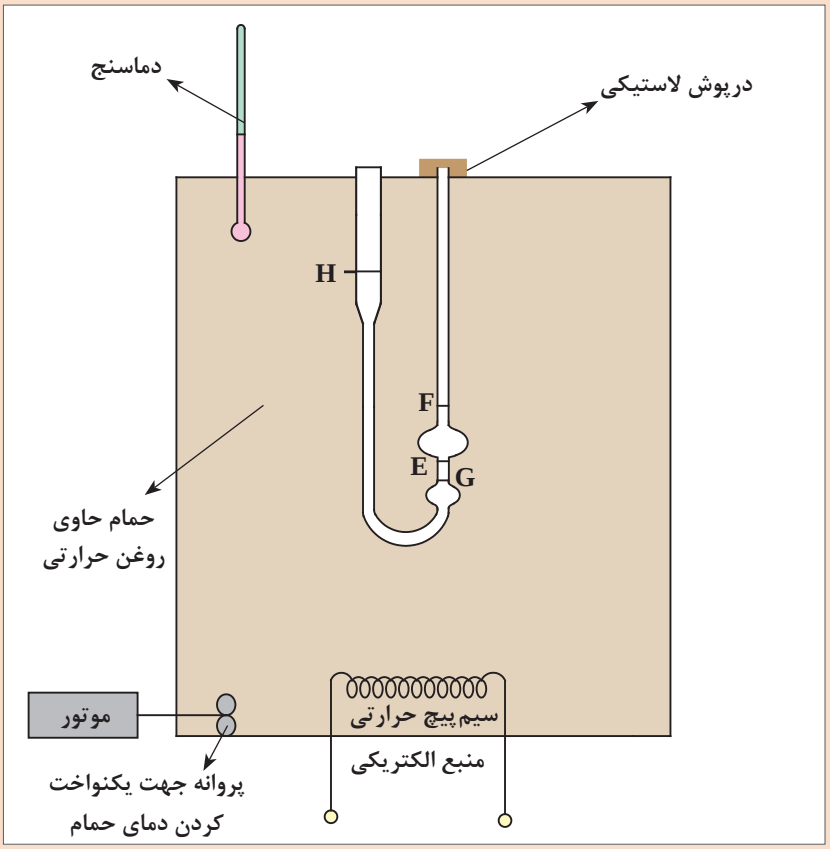


شکل ۱۴ــ مقایسه گرانروی مایعات

فعالیت عملی ۵

تعیین گرانروی روانکارها با استفاده از انواع ویسکومتر

روش متداول برای اندازه‌گیری گرانروی سینماتیک، استفاده از ویسکومتر است. با ساختمان و طرزکار ویسکومترها در سال گذشته آشنا شدید. ویسکومتر، یک لولهٔ شیشه‌ای U شکل استاندارد با مجرای مویین می‌باشد (شکل ۱۵). برحسب نوع ماده و محدودهٔ گرانروی آنها، ویسکومترهایی با اشکال مختلف طراحی شده است. گرانروی سیالات در دماهای مشخص اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.



شکل ۱۵ــ اندازه‌گیری گرانروی مایعات توسط ویسکومتر در دماهای مختلف

وسایل مورد نیاز:

- ویسکومتر شیشه‌ای؛
- حمام مجهز به کنترل‌کنندهٔ دما و دماسنج؛ شکل ۱۵ طرح ساده‌ای از ویسکومتر در داخل حمام را نشان می‌دهد. در صورتی که حمام مناسب در کارگاه موجود نباشد، اندازه‌گیری گرانروی فقط در دمای محیط امکان‌پذیر خواهد بود.
- زمان‌سنج با دقت دهم ثانیه جهت اندازه‌گیری مدت زمان جریان سیال در ویسکومتر.

روش کار:

۱ ابتدا یک ویسکومتر تمیز و خشک با ضریب مناسب انتخاب کنید.

۲ نمونه را از دهانهٔ بزرگ‌تر به داخل ویسکومتر بریزید، به‌گونه‌ای که دقیقاً بین دو نشان H و G قرار بگیرد. برای آنکه بتوانید نمونه را در این محدوده نگه‌دارید، اضافه کردن نمونه به داخل ویسکومتر را به تدریج انجام دهید. ضمناً برای آنکه بر اثر اختلاف ارتفاع و در نتیجه اختلاف فشار در دو شاخهٔ ویسکومتر، نمونه از نشان G بالاتر نرود، یک درپوش لاستیکی بر روی دهانهٔ دیگر قرار دهید، هرگاه این درپوش را بردارید سیال جریان می‌یابد و هرگاه آن را ببندید، حرکت سیال متوقف می‌شود. بدین ترتیب می‌توانید دقیقاً نمونه را بین دو نشان H و G قرار دهید. ضمناً نمونهٔ داخل ویسکومتر به هیچ عنوان نباید حباب هوا داشته باشد. ویسکومتر حاوی نمونه را به‌صورت عمودی حدود نیم ساعت در داخل حمام قرار دهید تا به دمای مورد نظر برسد.

۳ از دهانهٔ باریک‌تر ویسکومتر با کمک یک دستگاه مکنده (پیپت پرکن یا دستگاه ایجاد خلأ) مایع را به سمت بالا مکش کنید تا جایی که از دو خط نشانهٔ روی لولهٔ ویسکومتر بالاتر رود. (دقت کنید که مایع از بالای ویسکومتر خارج نشود) سپس دستگاه خلأ را از دهانهٔ ویسکومتر جدا کنید، مایع با نیروی جاذبهٔ زمین سقوط می‌کند. هنگامی که سطح سیال به نشان E رسید، زمان‌سنج را به‌کار اندازید. خاتمهٔ کار هنگامی است که نمونه به نشان F برسد که در این لحظه باید زمان‌سنج را متوقف کنید.

۴ آزمایش را دوباره انجام داده و اندازه‌گیری زمان را تکرار کنید سپس بین دو زمان به‌دست آمده میانگین بگیرید.

۵ جهت محاسبهٔ گرانروی سینماتیک برحسب cSt، از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$\upsilon = Ct$$

که در آن C ثابت ویسکومتر و t زمان عبور سیال بین دو نقطهٔ F و E می‌باشد.

۶ براساس رابطهٔ زیر و داشتن مقدار چگالی سیال، می‌توان گرانروی دینامیک را به‌دست آورد.

$$\mu = d\upsilon$$

که در آن:

گرانروی دینامیکی μ=(cP)

چگالی در دمای آزمایش $d = (\frac{g}{cm^3})$

گرانروی سینماتیک υ=(cSt) می‌باشد.

فعالیت بالا را ابتدا برای تعیین گرانروی آب در دمای محیط انجام دهید و سپس این کار را با نمونه‌های مختلف روغنی و در دماهای مختلف تکرار کرده و نتایج را در جدولی قرار داده و با یکدیگر مقایسه کنید.

نقطهٔ ریزش[1] و ابری شدن[2]

نقطهٔ ریزش یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های مایعات نفتی است. وجود پارافین‌های سنگین در مایعات نفتی سبب می‌شود که این مایعات در سرما سیّالیّت خود را از دست داده یا به عبارتی «ببندند» و علت آن، وجود پارافین‌های سنگین است که زودتر از دیگر هیدروکربن‌ها منجمد می‌شوند. نقطهٔ ابری شدن و نقطهٔ ریزش را می‌توان به‌طور خلاصه چنین تعریف کرد:

نقطهٔ ابری‌شدن: هنگام سرد کردن یک نمونه از محصولات نفتی، دمایی که در آن، ابر یا هاله‌ای از بلورهای ترکیبات پارافینی ظاهر می‌شود، نقطهٔ ابری شدن نام دارد.

نقطهٔ‌ریزش: به هنگام سرد کردن یک نمونه از محصولات نفتی، پایین‌ترین دمایی که در آن، نمونه هنوز سیّالیّت و روانی خود را حفظ کرده است، نقطهٔ‌ریزش نام دارد. به عبارت دیگر، نقطهٔ‌ریزش پایین‌ترین دمایی است که در آن دما مادهٔ نفتی می‌تواند جریان داشته باشد.

نقطهٔ‌ریزش، مشخصه‌ای است که برای مصرف‌کننده بسیار اهمیّت دارد. در سرمای زمستان، اگر نقطهٔ‌ریزش روانکار به حد کافی پایین نباشد، سیّالیّت و روانی خود را از دست می‌دهد و در نتیجه در سامانه‌های مختلف گرفتگی ایجاد شده، عملاً دستگاه از کار می‌افتد.

از نظر کاربردی، نقطهٔ‌ریزش اهمیّت بیشتری نسبت به نقطهٔ ابری شدن دارد، اما در یک آزمایش، هر دو مشخصه اندازه‌گیری می‌شوند. این آزمایش در حقیقت شاخصی از مقدار پارافین‌های سنگین (موم) موجود در روانکار و در نهایت شاخصی از کیفیت عملیات پالایش می‌باشد.

فعالیت عملی ۶

تعیین نقطهٔ ریزش و ابری شدن

این آزمایش بر روی محصولاتی نظیر انواع روغن‌های موتور انجام می‌شود. باید توجه داشت که هدف از انجام این آزمایش تعیین نقطهٔ انجماد نمونهٔ مورد نظر نیست، بلکه تعیین پایین‌ترین دمایی است که از آن دما بالاتر، می‌توان با اطمینان از محصول استفاده نمود، بدون آنکه محصول ببندد و روانی و سیّالیّت خود را از دست بدهد.

وسایل مورد نیاز:

شکل ۱۶ تجهیزات مورد نیاز برای اندازه‌گیری نقطهٔ‌ابری‌شدن و نقطهٔ‌ریزش را نشان می‌دهد که شامل قسمت‌های زیر است:

- ✓ لولهٔ آزمایش از جنس شیشه به ارتفاع حدود ۱۱/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و قطر داخلی حدود ۳ تا ۳/۴ سانتی‌متر، مجهز به درپوش لاستیکی یا چوب پنبه. در وسط درپوش سوراخی جهت عبور دماسنج ایجاد شده است.
- ✓ دو عدد دماسنج جیوه‌ای که محدودهٔ دمایی $38^{\circ}C$ ـ تا $50^{\circ}C$ را نشان دهند. یکی از دماسنج‌ها در داخل حمام و دیگری در داخل نمونه قرار می‌گیرد.
- ✓ درپوش لاستیکی نمونه؛
- ✓ درپوش لاستیکی حمام؛
- ✓ نمونهٔ روغنی؛

۱- Pour Point

۲- Cloudy Point

✓ محفظه، جهت قرار گرفتن لولهٔ آزمایش درآن؛
✓ حمام سرمایش که از مخلوط یخ و نمک پر شده است؛
✓ حمام سرمایش که نوع و اندازهٔ آن دلخواه است. این حمام می‌تواند مجهز به سامانهٔ سرمایش مکانیکی (چرخهٔ سرمایش یخچال) و یا یک ظرف سادهٔ آزمایشگاهی باشد که با مخلوط یخ و نمک پر شده است.

در هر صورت حمام باید دو ویژگی اصلی داشته باشد:

۱ بتواند دمای نمونه را تا حد کافی پایین بیاورد.

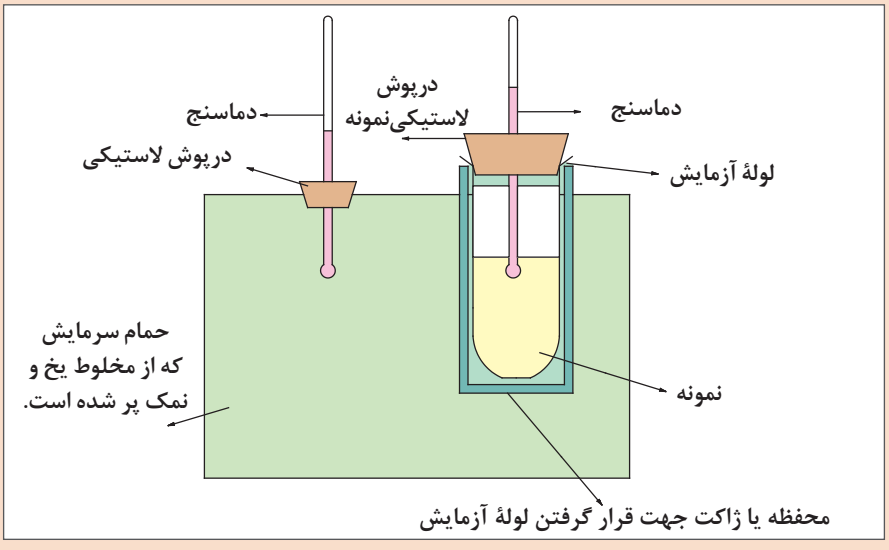
۲ لولهٔ آزمایش به‌طور کامل و به شکل عمودی در داخل حمام قرار گیرد و به آسانی از آن خارج شود. ضمناً هنگامی که لولهٔ آزمایش و دماسنج در حمام قرار می‌گیرد، باید بتوان به آسانی کاهش دما را مشاهده کرد.

در صورت ساخت یک حمام ساده در کارگاه، پیشنهاد می‌شود یک محفظه یا ژاکت فلزی که قطر آن کمی بیش از قطر لولهٔ آزمایش است، در داخل حمام پیش‌بینی شود، به‌گونه‌ای که لولهٔ آزمایش به آسانی در داخل آن قرار گرفته یا برداشته شود.

بسته به نوع نمونهٔ مورد آزمایش و دمای مورد نظر، می‌توان از مخلوط‌های جدول ۲ استفاده کرد.

جدول ۲ــ چند نوع مخلوط جهت استفاده در حمام‌های سرمایش

نوع مخلوط	مناسب ایجاد سرما تا دمای
مخلوط آب و یخ	۱۰°C (۵۰°F)
مخلوط یخ خرد شده و بلورهای نمک سدیم کلرید	-۱۲°C (۱۰°F)
مخلوط یخ خرد شده و بلورهای نمک کلسیم کلرید	-۲۶°C (-۱۵°F)
مخلوط یخ خشک و استن یا نفتا	-۵۷°C (-۷۰°F)



شکل ۱۶ــ تجهیزات اندازه‌گیری نقطهٔ ابری شدن و نقطهٔ‌ریزش

روش کار:

۱ نمونهٔ مورد نظر را در داخل لولهٔ آزمایش بریزید به‌گونه‌ای که حدود $\frac{۱}{۳}$ تا $\frac{۱}{۲}$ از لوله را پر کند. یکی از دماسنج‌ها را از داخل سوراخ درپوش عبور داده، درپوش را روی لولهٔ آزمایش قرار دهید. مخزن دماسنج باید در زیر سطح مایع (۳ میلی‌متر پایین‌تر از سطح مایع) قرار گیرد. سپس این مجموعه را در داخل حمام سرمایش قرار دهید (شکل ۱۶). دقت داشته باشید که دماسنج و لولهٔ آزمایش به شکل عمودی در حمام قرار گیرند.

۲ با کاهش هر $۳^{\circ}C$ (یا $۵^{\circ}C$)، لولهٔ آزمایش را از حمام بیرون آورده و آن را بررسی کنید. دمایی که در آن، ابر یا هاله، در داخل نمونه ظاهر شد، نقطهٔ ابری‌شدن است، آن دما را یادداشت کنید و دماسنج را به نزدیک انتهای لولهٔ آزمایش رسانده، لوله را به داخل حمام برگردانده و عمل سردکردن را ادامه دهید.

۳ از این به بعد، هر بار که لولهٔ آزمایش را از حمام خارج می‌کنید، آن را کمی کج کرده و بررسی کنید که آیا نمونهٔ روغنی هنوز روان است و می‌ریزد یا خیر؟ دمایی که در آن، با کج‌کردن لولهٔ آزمایش، نمونه روان نشود (در این صورت می‌گوییم نمونه بسته است) نقطهٔ ریزش است، بنابراین آن را یادداشت کنید.

۴ علت آنکه با کاهش هر $۳^{\circ}C$ (یا $۵^{\circ}C$) لولهٔ آزمایش را از حمام خارج کرده و مورد بررسی قرار می‌دهید آن است که نمونه باید فرصت کافی داشته باشد تا در داخل حمام، حرارت از دست داده و بلورها تشکیل شوند.

۵ عددی که به‌عنوان نقطهٔ ریزش یادداشت شد، به همان شکل گزارش نمی‌شود و باید تصحیح گردد. بدین‌ترتیب که به‌منظور افزایش اعتماد و اطمینان به نتایج آزمایش و به دلیل آنکه هر $۳^{\circ}C$ (یا $۵^{\circ}C$) کاهش دما یک بار نمونه مورد بررسی قرار می‌گیرد، $۳^{\circ}C$ (یا $۵^{\circ}C$) به نتایج آزمایش اضافه کرده و آن را به‌عنوان نتیجهٔ نهایی گزارش کنید.

مثال: در یک آزمایش که به منظور تعیین نقطهٔ ابری‌شدن و نقطهٔ ریزش یک نمونه نفتی انجام گرفت، مشاهدات زیر گزارش شد:

نتیجهٔ بررسی نمونه	دما ($^{\circ}F$)
ـ شروع آزمایش (دمای محیط) ـ (اجازه می‌دهیم دمای نمونه در حمام کاهش یابد). ـ هیچ ابری یا هاله‌ای در نمونه ظاهر نشد (اولین بررسی). ـ اولین بلورها به شکل ابر یا هاله در نمونه ظاهر شد، اگر لولهٔ آزمایش را کمی کج کنید، نمونه روان می‌شود. ـ مقدار ابر یا هاله در نمونه افزایش یافته است اما اگر لولهٔ آزمایش را کمی کج کنیم، هنوز نمونه روان می‌شود. ـ ابر یا هاله تقریباً سراسر لولهٔ آزمایش را فراگرفته و اگر آن را کمی کج کنید، نمونه روان نمی‌شود.	۶۸ ⋮ ۳۰ ۲۵ ۲۰ ۱۵

براساس مشاهدات فوق، در نهایت نتایج زیر گزارش شد:

نقطهٔ ابری‌شدن = $۲۵^{\circ}F$

نقطهٔ ریزش = ۱۵+۵ = $۲۰^{\circ}F$

پرسش

در یک کارخانه که در منطقه‌ای سردسیر قرار دارد و دمای هوا در شب‌های زمستان به حدود $-10^{\circ}C$ می‌رسد، جهت انتقال سوخت (گازوئیل) از مخازن به کوره‌ها توسط پمپ، چه مشکلاتی پدید می‌آید؟ چه راه‌حلی برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟ نقطهٔ ریزش گازوئیل مورد استفاده $-7^{\circ}C$ است.

جدول ۳ نقطهٔ ابری‌شدن و نقطهٔ‌ریزش چند نمونه از محصولات نفتی را نشان می‌دهد.

جدول ۳ــ نقطهٔ ابری‌شدن و نقطهٔ ریزش گازوئیل، نفت کوره و یک نوع روغن موتور

نام ماده	نقطهٔ ابری‌شدن (°F)	نقطهٔ ریزش (°F)
گازوئیل	تابستان ۴۰ زمستان ۳۵	تابستان ۳۰ زمستان ۲۵
نفت کوره	ـ	تابستان ۵۰ زمستان ۳۰
روغن موتور (SAE ـ ۳۰)	ـ	(حداکثر) ۰

فعالیت کارگاهی

ـ نقطهٔ ریزش و ابری‌شدن روانکارهای تولیدشده در فعالیت‌های ۱و۲ را با روش بالا اندازه‌گیری نماید.
ـ کلیهٔ دماهای ریزش و ابری‌شدن اندازه‌گیری‌شده را با هم مقایسه کنید.

نقطهٔ اشتعال و احتراق

نقطهٔ اشتعال: وقتی مایع نفتی، در شرایط مشخصی گرم شود، در دمای معینی بخار یا گاز کافی برای تشکیل مخلوط قابل اشتعال با هوا ایجاد می‌شود. در این حالت اگر شعلهٔ کوچکی نزدیک آن برده شود، سطح مایع برای لحظه‌ای مشتعل می‌گردد. در این دما، مقدار بخارها به اندازه‌ای نیست که بتواند ایجاد شعله نماید و با دورکردن شعله از سطح مایع، احتراق ایجاد شده بلافاصله خاموش خواهد شد.

نقطهٔ احتراق: اگر حرارت‌دادن به مایع نفتی ادامه داده شود تا مقدار بخار قابل اشتعال روی سطح مایع افزایش بیشتری پیدا کند، زمانی می‌رسد که غلظت این بخارها به اندازهٔ کافی زیاد می‌شوند که با نزدیک کردن یک شعله به سطح مایع، احتراقی برای پنج ثانیهٔ متوالی در سطح آن رخ می‌دهد.

برای هر محصول، نقطهٔ اشتعال و احتراق بستگی زیادی به ظرف آزمایش و سرعت حرارت‌دادن دارد. نقطهٔ اشتعال روغن‌ها با تغییر گرانروی تغییر می‌کند.

کم‌شدن نقطهٔ اشتعال در روغن‌های کارکرده، بیانگر این است که یا سوخت وارد روغن شده یا روغن برای مدت بسیار زیادی تحت دمای بالا کار کرده است. این عامل باعث شکست حرارتی[1] یا شکسته شدن مولکول‌های بزرگ و تبدیل شدن آنها به مولکول‌های کوچک‌تر با نقطهٔ اشتعال پایین‌تر خواهد شد.

۱ـ Thermal Cracking

لازم به یادآوری است که اندازه‌گیری نقطهٔ اشتعال و احتراق را در سال گذشته آموخته و بر روی نمونه‌های نفتی آزمایش انجام داده‌اید. به‌دلیل اهمیت بالای این ویژگی در محصولات نفتی و به ضرورت تأمین ایمنی بیشتر در صنایع در این بخش نیز یک فعالیت عملی پیش‌بینی شده است.

فعالیت عملی ۷

تعیین نقطهٔ اشتعال[۱] و احتراق[۲] روانکارها

مطابق آموخته‌های سال گذشته، نقطهٔ اشتعال و احتراق انواع روانکارهای موجود در کارگاه و ساخته‌شده توسط گروه‌های هنرجویی در فعالیت‌های ۱ و ۲ را اندازه‌گیری کنید.

نکته ایمنی

- ✓ دستگاه در محلی مطمئن و دور از مواد قابل اشتعال (حتماً در زیر هواکش کارگاه) قرار گیرد.
- ✓ در حین انجام آزمایش استفاده از وسایل ایمنی شخصی، ماسک، عینک و... الزامی است.
- ✓ درصورتی‌که نمونه مشتعل شده و شعله‌های آن خاموش نشود، یک درپوش فلزی روی ظرف قرار دهید تا با نرسیدن هوا به نمونه، شعله خاموش شود. فوراً حرارت‌دادن را قطع کرده و اجازه دهید دستگاه خنک شود.

زیست محیطی

- ✓ قبل از آغاز هر آزمایش، شستن ظرف (فنجان) با حلال مناسب الزامی است.
- ✓ مایعات مورد آزمایش را پس از سردشدن در ظرفی جداگانه جمع‌آوری کنید و از ریختن آن در فاضلاب خودداری نمایید.

چگالی: چنان‌که می‌دانید چگالی عبارت است از جرم واحد حجم جسم در دمای معین، که توسط معادلهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \longrightarrow d = \frac{m}{v}$$

پرسش

چگالی را برحسب چه واحدهایی می‌توان بیان کرد؟ آنها را نام ببرید.

چگالی، تابع دماست یعنی با تغییرات دما مقدار آن تغییر می‌کند. بنابراین به هنگام اندازه‌گیری آن حتماً باید دمای نمونهٔ مورد آزمایش گزارش شود. معمولاً چگالی ترکیبات نفتی را در دمای ۱۵/۵°C (۶۰°F) اندازه‌گیری می‌کنند.

۱- Flash Point

۲- Ignition Point

بحث گروهی

با توجه به تصویر زیر، مواد نام برده در شکل را براساس کاهش چگالی مرتب کنید.

بیشترین چگالی ⟵					کمترین چگالی

چگالی نسبی

بحث گروهی

به همراه نفت خام مقداری نمک‌های محلول استخراج می‌شود. به نظر شما چگونه نمک‌ها را از نفت جدا می‌کنند؟

چگالی نسبی: کمیّتی است بدون بُعد و برابر است با نسبت چگالی مادهٔ موردنظر به چگالی یک مادهٔ مرجع در دمای معین. برای مایعات معمولاً آب را به‌عنوان مادهٔ مرجع انتخاب می‌کنند. در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی چگالی نسبی را «نسبت چگالی ترکیب موردنظر در دمای ۶۰°F به چگالی آب در دمای ۶۰°F» تعریف می‌کنند. معادلهٔ زیر این تعریف را (با علامت‌های اختصاری) نشان می‌دهد:

$$spgr_{60/60^\circ F} = \frac{d_{(60^\circ F)}}{d_{H_2O_{(60^\circ F)}}}$$

$spgr_{60/60^\circ F}$ = چگالی نسبی ترکیب نفتی مورد نظر بر مبنای دمای ۶۰°F

$d_{(60^\circ F)}$ = چگالی ترکیب نفتی مورد نظر در دمای ۶۰°F

$d_{H_2O_{(60^\circ F)}}$ = چگالی آب (مادهٔ مرجع) در دمای ۶۰°F

پرسش

چگالی نسبی HCN چنین گزارش شده است:

spgr ۱۰/۴ = ۱/۲۶۷۵

منظور از آن را توضیح دهید. اگر چگالی آب در ۴°C برابر ۱g/cm^3 باشد، چگالی HCN را در ۱۰°C به‌دست آورید.

هیدرومتر

فیلم

فیلم آموزشی تعیین چگالی با هیدرومتر

هیدرومترها وسایل شیشه‌ای با جرم و حجم استاندارد هستند که برحسب نوع نمونه باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که در داخل مایع غوطه‌ور شوند. مقدار نفوذ هیدرومتر در مایع نشان‌دهندهٔ چگالی مایع است. اگر هیدرومتر آنقدر سنگین باشد که در کف ظرف بنشیند، یا آن‌قدر سبک باشد که وارد نمونه نشده و بر روی آن شناور شود، مناسب مایع مورد آزمایش نیست. در شکل ۱۷، چند نمونه هیدرومتر نشان داده شده است.

شکل ۱۷ــ چند نمونه هیدرومتر

هیدرومترها از یک لولهٔ باریک که روی آن درجه‌بندی شده و در انتهای آن حباب بزرگی قرار دارد، تشکیل شده است. گلوله‌های کوچک سرب موجود در ته حباب کمک می‌کند تا این ابزار هنگام شناور شدن در مایع، قائم بایستد.

پرسش

به نظر شما آیا یک نمونه هیدرومتر برای اندازه‌گیری چگالی تمام روانکارها مناسب است؟ چرا؟

فعالیت عملی ۸

تعیین چگالی روانکارها

چگالی مایعات را با استفاده از وسایلی مانند پیکنومتر و هیدرومتر می‌توان اندازه‌گیری نمود. در سال گذشته با طرز کار پیکنومترها آشنا شدید و چگالی مایعات غیرنفتی را با استفاده از آنها اندازه‌گیری نمودید.

وسایل مورد نیاز:

- هیدرومتر مناسب
- حمام گرمایش و سرمایش جهت نگه‌داشتن دمای نمونه در محدودهٔ دمایی ۰°C تا ۱۰۰°C.
- در صورتی که حمام با محدودهٔ دمایی ذکر شده موجود نباشد، حمام ۶۰°F(۱۵/۵°C) ترجیح داده می‌شود.
- دماسنج جهت اندازه‌گیری دمای نمونه با محدودهٔ دمایی مناسب (۱۰°C تا ۱۲۰°C)
- استوانهٔ شیشه‌ای یا پلاستیکی شفاف جهت ریختن نمونه و قرار دادن هیدرومتر در آن.

روش کار:

برای اندازه‌گیری سریع چگالی روغن روانکاری به ترتیب زیر عمل کنید:

۱ نمونهٔ مورد آزمایش را داخل استوانه ریخته و هیدرومتر را در داخل آن قرار دهید و مجموعه را به مدت ۱۵ الی ۲۰ دقیقه داخل حمام قرار دهید.

۲ زمانی که نمونه به دمای مورد نظر رسید، درصورت امکان درجهٔ هیدرومتر داخل حمام را از همان‌جا بخوانید. در غیر این صورت استوانه را که نمونه و هیدرومتر داخل آن است از حمام خارج کرده و بر روی سطح صاف و افقی قرار دهید و درجهٔ هیدرومتر را یادداشت کنید.

۳ دمای آزمایش را یادداشت نموده و چگالی نمونه را با دمای انجام آزمایش گزارش کنید.

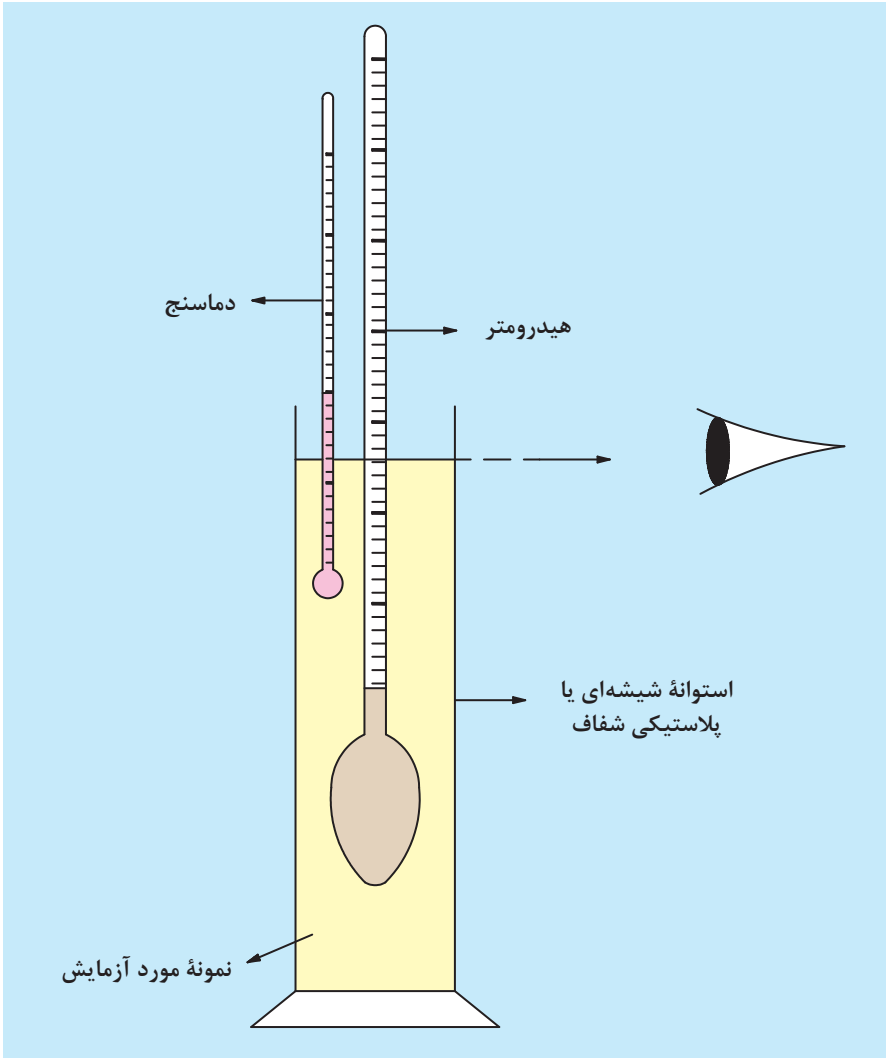
شکل ۱۸، شیوهٔ خواندن صحیح هیدرومتر را نشان می‌دهد.

نکته

ابعاد حمام باید به اندازه‌ای باشد که استوانهٔ حاوی نمونه در آن جای گیرد. فاصلهٔ میان انتهای هیدرومتر و کف استوانه حداقل ۲/۵ سانتی‌متر باشد.
قطر داخلی استوانه از قطر هیدرومتر بزرگ‌تر و ارتفاع آن به اندازه‌ای باشد که هنگام غوطه‌ور شدن هیدرومتر در آن، فاصلهٔ میان انتهای هیدرومتر تا کف استوانه حداقل ۲/۵ سانتی‌متر باشد.

فکرکنید

هیدرومترها برحسب چه کمیتی درجه‌بندی شده‌اند؟ (چگالی، چگالی نسبی)



شکل ۱۸ــ شیوهٔ اندازه‌گیری سریع چگالی توسط هیدرومتر

پیشنهاد می‌شود این آزمایش ابتدا در دمای محیط و با استفاده از آب انجام شود.

فعالیت عملی ۹

بررسی اثر دما بر چگالی و چگالی نسبی

جهت بررسی اثر دما بر چگالی، چگالی یک نمونه از محصول نفتی مانند روغن‌موتور یا گازوئیل را در دماهای مختلف اندازه‌گیری کرده و نتایج آن را در جدول ۴ ثبت نمایید. سپس منحنی تغییرات چگالی را برحسب دما رسم کنید. (برای رسم این منحنی‌ها حداقل از ۵ نقطه استفاده کنید).

جدول ۴ـ تغییرات چگالی و چگالی نسبی نسبت به دما

T(°C)	$d_{(g/cm^3)}$	spgr T/۱۵/۵ °C
۰	.....	.....
۱۵/۵	.....	.....
۳۰	.....	.....
۴۵	.....	.....
۶۰	.....	.....
۷۵	.....	.....
۹۰	.....	.....

پرسش

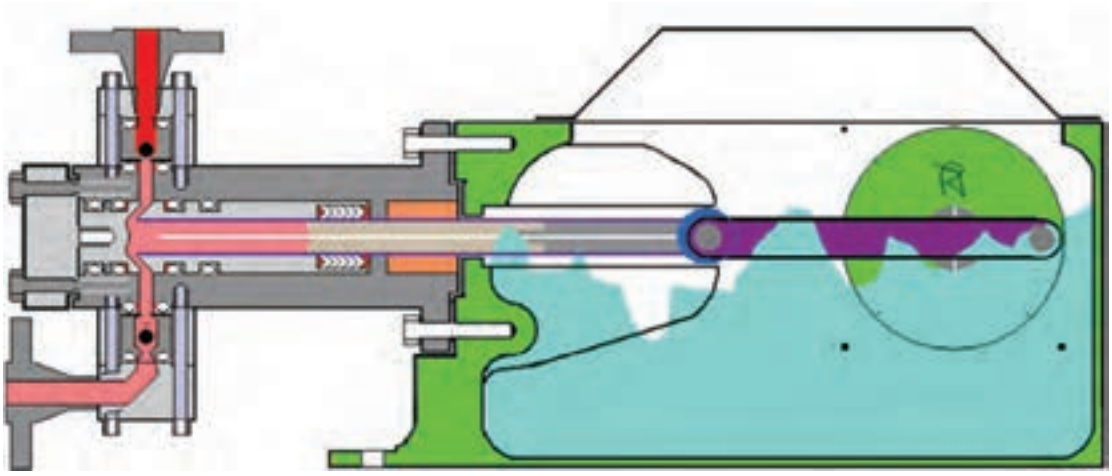
با توجه به نتایج آزمایش و رسم نمودار، اثر دما بر چگالی را بیان کنید.

روش‌های روغن‌کاری

مهم‌ترین عامل در کارایی دستگاه‌ها و قطعات متحرک آنها، انتخاب صحیح نوع روغن و سامانهٔ روغن‌کاری است. اصولاً نوع سامانهٔ روغن‌کاری بر اساس وضعیت و نیاز دستگاه موردنظر انتخاب می‌شود و به روش‌های زیر عملی می‌شود:

- ✓ قطره‌ای؛
- ✓ پاششی؛
- ✓ هیدرواستاتیکی؛
- ✓ تحت فشار.

روغن‌کاری قطره‌ای: سامانه‌های روغن‌کاری قطره‌ای شامل تعدادی پمپ پلانجری رفت و برگشتی قابل تنظیم است و روی محفظه‌ای (مخزن روغن) نصب شده و توسط لوله‌هایی مقدار روغن موردنیاز را تأمین و ارسال می‌کند. در شکل ۱۹ طرح ساده‌ای از یک پمپ قطره‌ای روغن از نوع پلانجری رفت و برگشتی نشان داده شده است.



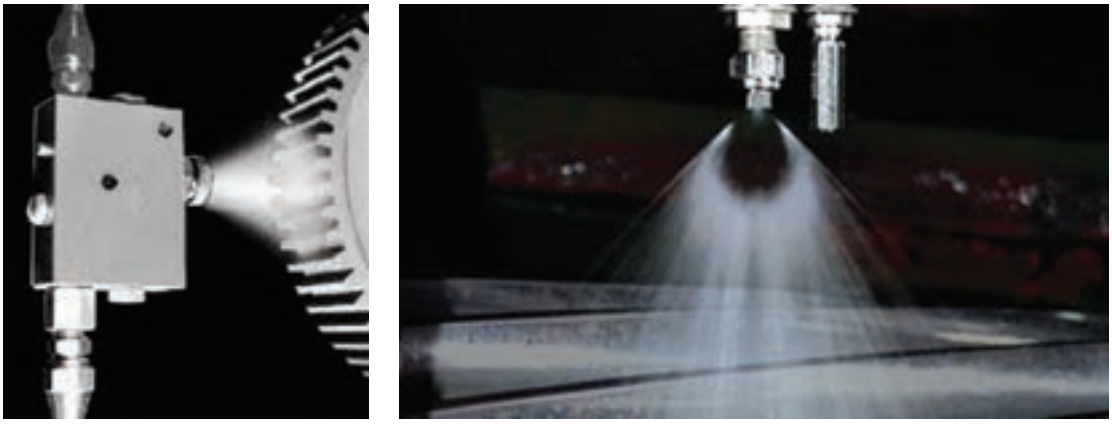
شکل ۱۹ــ طرح ساده‌ای از یک پمپ قطره‌ای از نوع پلانجری رفت و برگشتی

نکته

سطح روغن داخل مخزن نباید از خطی که مشخص‌کنندهٔ سطح روغن است کمتر یا بیشتر باشد، زیرا در هر دو حالت روانکاری ناقص می‌شود.

به دلیل نشتی‌های اجتناب‌ناپذیری که وجود دارد سطح روغن تغییر می‌کند، این موضوع می‌تواند در سامانهٔ روانکاری اختلال ایجاد کند. پس لازم است سامانه‌ای وجود داشته باشد که بتواند به‌طور خودکار سطح روغن را در حد مطلوبی نگه دارد.

روغن‌کاری پاششی: در این روش، روغن توسط نازل‌هایی بر روی قطعهٔ متحرک پاشیده می‌شود (شکل ۲۰).

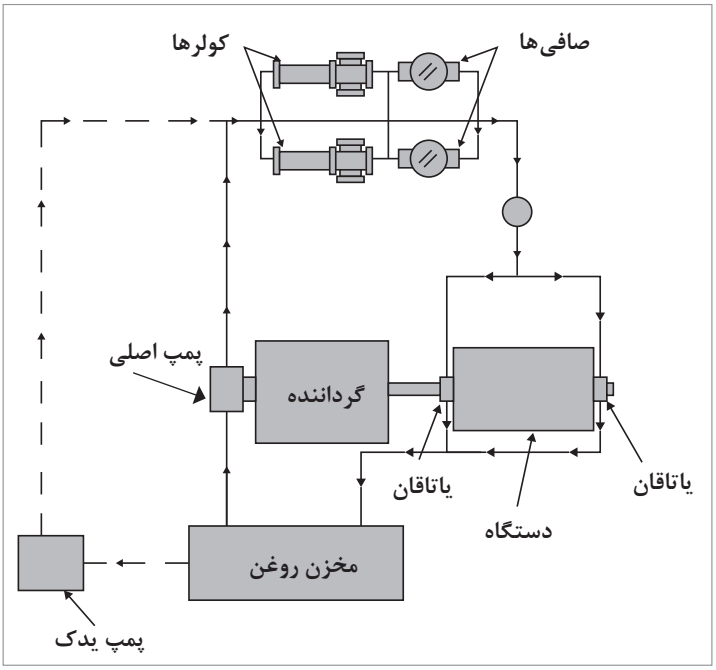


شکل ۲۰ــ روغن‌کاری پاششی

شکل۲۱ـ روغن‌کاری هیدرواستاتیکی

روغن‌کاری هیدرواستاتیکی: در این روش، قطعه متحرک یا در روغن غوطه‌ور است و یا به وسیلهٔ عاملی به‌طور مرتب روغن‌کاری می‌شود. در بیشتر دستگاه‌های کوچک از این روش استفاده می‌شود (شکل ۲۱).

روغن‌کاری تحت فشار: در این سامانه برای روغن‌کاری، از روغن تحت فشار استفاده می‌شود. برای روغن‌کاری باید همیشه از روغن تمیز استفاده شود، زیرا ذرات موجود در روغن می‌تواند در فواصل کم بین قطعات گیر افتاده و باعث ساییدگی شود. در شکل ۲۲ تصویر ساده‌ای از اجزا و قطعات اصلی یک سامانهٔ روغن‌کاری تحت فشار نشان داده شده است.



شکل۲۲ـ اجزا و قطعات اصلی سامانهٔ روغن‌کاری تحت فشار

نکته

قبل از اینکه پمپ یا هر دستگاه دیگر راه‌اندازی شود، کلیهٔ مجموعه و سامانه‌های حفاظتی آن مورد بررسی قرارگیرند تا از عملکرد صحیح سامانه‌های حفاظتی آنها اطمینان حاصل شود.

مسائلی که قبل از راه‌اندازی یک سامانهٔ روغن‌کاری باید رعایت شوند عبارت‌اند از:

۱ تمیزکردن تمامی لوله‌ها و مسیرها؛
۲ تنظیم تمامی شیرهای کنترل، ترموکوپل‌ها و ...؛
۳ تنظیم دقیق کلیهٔ نشان‌دهنده‌های فشار و دما؛
۴ کنترل شیوهٔ عملکرد کلیهٔ کلیدها، شیرهای یک طرفه و شیرهای اطمینان[۱].

مواردی که باید روی سامانهٔ حفاظتی روغن کنترل شوند عبارت‌اند از:

۱ کنترل سامانهٔ هشدار از کار افتادن پمپ اصلی روغن[۲].
وظیفه این کلید در سرویس قرار دادن پمپ یدک روغن و همچنین تحریک سامانهٔ هشدار است.
۲ کنترل سامانهٔ هشدار گرفتگی فیلتر روغن[۳].
وظیفهٔ این کلید اعلان وضعیت گرفتگی فیلتر روغن براساس میزان افت فشار اندازه‌گیری‌شده در دو طرف ورودی و خروجی فیلتر روغن است.
۳ اطمینان از کارکرد مناسب گرمکن‌های روغن (برقی و بخاری) و چگونگی عمل‌کردن آنها در دمای مناسب.
۴ هواگیری کلیهٔ مسیرهای روغن اعم از فیلترها، کولرها و... .
۵ هواگیری سامانهٔ آب خنک‌کننده[۴].

روش تمیز نمودن سامانهٔ روغن‌کاری[۵]: ورود ذرات جامد و زنگ‌های باقی‌مانده در لوله‌ها و مسیرهای روغن‌کاری باعث نفوذ آنها بین قطعات ثابت و متحرک و در نتیجه ساییدگی و فرسایش سریع قطعات می‌شود. برای جلوگیری از این آسیب، لازم است که کلیهٔ مسیرها و نقاط مختلف سامانهٔ روغن‌کاری، چه برای دستگاه‌هایی که به تازگی نصب شده باشند (با دقت خیلی بالاتر) و چه بعد از تعمیرات اساسی دستگاه‌ها روش‌های دقیق عملیات تمیزکاری، طبق یک دستور کار جامع انجام شود.

۱ـ Safety Valve

۲ـ Stand ـ by Pump Running ـ Failure of Main Oil Pump

۳ـ Filter High Differential Pressure

۴ـ Cooling Water

۵ـ Labe Oil System Flushing

عیب‌یابی و روش‌های تصحیح عیوب سامانهٔ روغن‌کاری

الف) مواردی که می‌توانند باعث کم‌شدن فشار روغن روانکاری شوند عبارت‌اند از:

۱ کثیف بودن فیلتر[۱] پمپ روغن‌کاری؛
۲ بیش‌ازحد باز بودن شیر رهاسازی[۲] روغن؛
۳ معیوب بودن سامانه آب‌بندی پمپ روغن که باعث ورود هوا به سامانه روغن می‌شود؛
۴ مناسب نبودن گرانروی روغن؛
۵ گرم شدن بیش‌ازحد روغن؛
۶ ورود آب به سامانهٔ روغن؛
۷ ورود گاز به سامانهٔ روغن؛
۸ ورود هوا به قسمت ورودی پمپ در اثر شل بودن اتصالات؛
۹ پایین بودن سطح روغن مخزن.

ب) مواردی که می‌توانند باعث بالا رفتن فشار روغن شوند عبارت‌اند از:

۱ گرفتگی مسیرهای روغن؛
۲ نامناسب بودن گرانروی روغن؛
۳ سرد بودن روغن.

پ) مواردی که می‌توانند باعث افزایش دمای روغن شوند عبارت‌اند از:

۱ کثیف بودن لوله‌های کولر روغن؛
۲ کم بودن جریان آب خنک‌کننده یا کم بودن فشار آب ورودی به آن؛
۳ نشتی آب به داخل روغن؛
۴ بالا بودن دمای آب خنک‌کننده؛
۵ بالا بودن دمای روغن ورودی به کولر.

ت) مواردی که برای اندازه‌گیری و تصمیم در مورد آنها، روغن باید تعویض شود عبارت‌اند از:

۱ اندازه‌گیری چگالی روغن؛
۲ اندازه‌گیری گرانروی روغن.

البته برای صرفه‌جویی و مصرف بهینهٔ روغن و تعویض به‌موقع آن و همچنین کاربردهای دیگر باید با تجزیه و تحلیل[۳] کردن روغن، تصمیم به تعویض گرفته شود.

با تشخیص عیوب مختلف سامانه‌های روانکاری، رفع اشکال آنها به سادگی امکان‌پذیر است.

۱ـ Suction Strainer
۲ـ Relief Valve
۳ـ Analysis

تجزیه و تحلیل روغن

تجزیه و تحلیل روغن از چندین سال پیش در بیشتر کشورهای پیشرفته به‌عنوان یک ابزار بسیار مفید و مناسب برای اهداف زیادی به‌کار رفته است و اجرای صحیح آن در صنایع مختلف می‌تواند گامی بلند و تحولی اساسی در جهت حفظ سرمایه‌های ملی و کاهش وابستگی‌ها و مصرف بهینهٔ آن باشد.
کنترل اینکه در هنگام کار دستگاه، روغن، تمیز و بدون هرگونه آلودگی (آب، گرد و خاک، ذرات فرسایشی و...) باقی بماند، بسیار مهم و حیاتی است که این کار با تجزیه و تحلیل روغن محقق می‌شود. همانند خون در بدن انسان که حامل میکروب‌ها و بیماری‌ها است و با آزمایش یک نمونهٔ آن به خیلی از بیماری‌ها می‌توان پی برد، روغن نیز این نشانه‌ها را به داده‌های ارزشمندی که به اهداف نگه‌داری و تعمیرات کمک می‌کند، تبدیل می‌نماید.

استخراج مداوم و منظم اطلاعات روغن از درون دستگاه‌ها و ماشین‌آلات از طریق نمونه‌گیری و آزمایش روغن به منظورهای زیر انجام می‌شود:

۱ حصول اطمینان از سلامت دستگاه؛
۲ شناسایی عیوب احتمالی در مراحل اولیهٔ تشکیل؛
۳ شناسایی عوامل فرسایشی و استهلاک‌های غیرعادی؛
۴ کاهش هزینه‌های تعمیراتی و تعویض به موقع قطعات؛
۵ اقدامات اصلاحی به موقع و قبل از بروز خسارت‌های جدی؛
۶ کمک در برنامه‌ریزی‌های تعمیراتی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات؛

حسن عیب‌یابی دستگاه‌ها براساس تجزیه و تحلیل روغن این است که قبل از بروز خرابی، مشکل ماشین در نطفه شناسایی می‌گردد و اقدامات اصلاحی مورد نیاز برای آن انجام می‌شود.

اصول کلی تجزیه و تحلیل روغن

روش تجزیه و تحلیل روغن شامل مراحل اجرایی زیر است:

۱ نمونه‌گیری طبق روش‌های استاندارد و در فاصلهٔ زمانی معین؛
۲ ارسال نمونه‌های مختلف همراه مشخصات روغن و زمان کارکرد آن به‌علاوهٔ نمونهٔ اصلی روغن مصرف‌شده در دستگاه، به آزمایشگاه‌های تجزیه و تحلیل روغن؛
۳ انجام آزمایش‌های لازم؛
۴ مقایسهٔ نتایج به‌دست آمده با نتیجهٔ نمونه‌های قبلی؛
۵ بررسی نوع شکل و اندازهٔ ذرات موجود در روغن با استفاده از روش‌های مختلف؛
۶ تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست آمده و ارائهٔ توصیه‌ها و اقدامات فنی مورد نیاز؛
۷ انجام اقدامات پیشگیرانه و توصیه‌های اصلاحی لازم.

آزمایشاتی که بر روی نمونهٔ روغن‌ها انجام می‌شود:

آزمایشاتی که بر روی نمونهٔ روغن‌ها انجام می‌شود به دو دستهٔ چشمی و آزمایشگاهی تقسیم می‌شوند:

۱ بازدیدهای چشمی:

برای این کار لازم است که حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌لیتر روغن از مدار روغن‌کاری، نمونه‌گیری شده و در یک بطری شیشه‌ای ریخته شود. اگر روغن کثیف و یا رنگ مات داشته باشد باید آن را به مدت یک ساعت در دمای $40^{\circ}C$ نگه‌داری نمود. حال براساس ظاهر روغن و تجربیات قبلی می‌توان اطلاعات مختصری از آن به‌دست آورد. این روش کارایی خیلی زیادی ندارد.

شکل ۲۳ـ مقایسهٔ چشمی روغن تمیز و کثیف

۲ آزمون‌های آزمایشگاهی

آزمون‌های آزمایشگاهی شامل موارد زیر است:

۱ آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی روغن و مقایسهٔ آن با روغن نو برای ادامهٔ کار روغن و یا تعویض آن؛

۲ آزمایش ذرات فلزی برای تشخیص وضعیت فرسایش قطعاتی که با روغن در تماس هستند؛

۳ آزمایش آلاینده‌های موجود در روغن.

در آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها، ویژگی‌هایی نظیر گرانروی، خواص اسیدی و قلیایی، نقطهٔ ریزش، آلودگی آب و... اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر اندازه‌گیری‌شده، با مقادیر مجاز توصیه شده و مقادیری که قبلاً در شرایط مشابه اندازه‌گیری شده بود، مقایسه می‌شوند. همچنین نتایج آزمایش‌ها با مقادیر اندازه گرفته شده از نمونهٔ روغن‌های کار نکرده، مقایسه می‌شوند. از این نتایج می‌توان به مواردی پی برد که برخی از آنها عبارت‌اند از:

الف) بازدید وضعیت روغن برای ادامهٔ کار یا تعویض آن؛

ب) تشخیص سریع فیلترهای معیوب؛

ج) تأیید عملیات تمیزکاری سامانه پس از انجام تعمیرات روی دستگاه‌ها؛

د) تأیید سالم بودن آب‌بندها.

روانکاری پمپ‌ها

پمپ‌ها اغلب تحت فشار ناشی از عملکرد پیوسته و نیروهای شدید قرار دارند. بنابراین، کیفیت مناسب روغن و روغن‌کاری به‌موقع پمپ‌ها، یکی از نیازهای اولیه برای عمر طولانی و عملکرد عاری از اشکال آنها می‌باشد. روغن مصرفی در عملیات روغن‌کاری نباید حاوی ذرات خارجی و یا اسیدهای شست‌وشو باشد. کم‌ترین نیازهای روغن‌های روان‌ساز مناسب، در استانداردهای مشخصی تعیین شده است. به این ترتیب تمامی عرضه‌کنندگان روغن‌های روان‌ساز در تلاش هستند که محصولات خود را بر این اساس طبقه‌بندی نموده و محصولی ارائه نمایند که از این استانداردها پیروی نماید. شکست در زمینهٔ روان‌سازی و روغن‌کاری (عدم نگه‌داری بهینه، استفاده از روان‌سازهایی با کیفیت نامناسب، نشتی و...) می‌تواند موجب بالا رفتن دمای سطح پوشش پمپ تا میزان غیرقابل‌قبولی شود.

معمولاً یاتاقان‌های ضد اصطکاک پمپ‌ها، با گریس صابون لیتیم روان‌سازی می‌شوند. در صورت کارکردن مداوم پمپ، هر ۴ ماه یک‌بار، گریس را تجدید و روان‌سازی نمایید و لازم است مقدار گریس حدود نیمی

از محفظهٔ پوشش یاتاقان باشد. البته می‌توان با استفاده از تودهٔ گریس روی پوشش یاتاقان، آن را بار دیگر روان‌سازی نمود. تعداد دیگری از پمپ‌ها از روانکارهای مایع استفاده می‌کنند و پس از اتمام زمان سرویس‌دهی پیشنهادی از طرف سازندگان روانکارها، روغن روانکاری باید تعویض شود.

نکتهٔ ایمنی

روغن روان‌سازی می‌تواند موجب بروز حساسیت پوستی و التهاب چشم شود. لذا تمام نکات ایمنی لازم را که از سوی شرکت سازنده ذکر شده است، رعایت نمایید.

فعالیت عملی ۱۰

تعویض روغن در پمپ

برای تعویض روغن در روان‌سازی یا روغن‌کاری پمپ‌ها به ترتیب زیر عمل کنید:

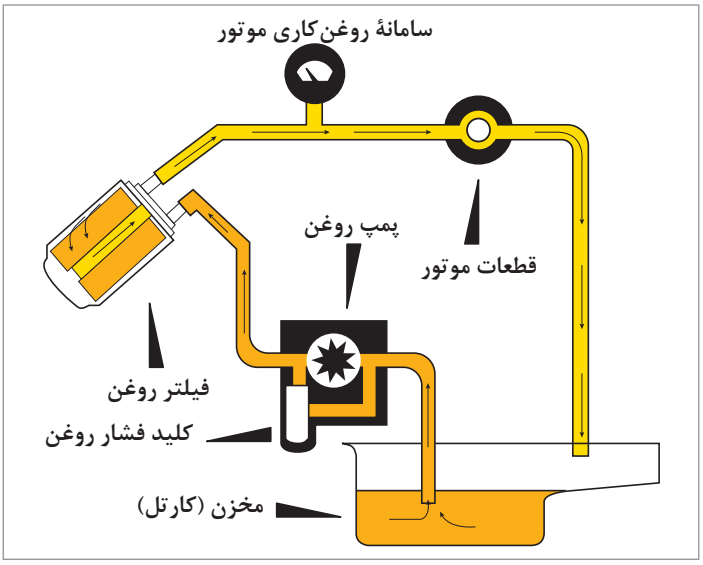
۱ پمپ را خاموش کنید.
۲ یک سینی در زیر گذرگاه روغن بگذارید تا تمام روغن به‌طور ایمن خارج و جمع‌آوری شود.
۳ سرپوش پیچ را برداشته و روغن را کاملاً تخلیه و تجهیزات را تمیز و خشک کنید. بار دیگر سرپوش را محکم ببندید.
۴ شبکه‌بندی یاتاقان را طبق توضیحات روش کار روانکاری پمپ مربوطه، با روغن جدید پر کنید.

مثلاً در پر کردن روغن با مخزن دارای سطح ثابت در روانکاری پمپ‌ها به این صورت عمل کنید:
پیچ نگه‌دارنده را شل کرده و بطری روغن را از مخزن سطح ثابت خارج کنید. سرپوش پر کردن روغن را بردارید. بین یاتاقان و اجزای پمپ را با روغن پر کنید تا جایی که پوشش یا مخزن سطح ثابت، شروع به بالا آمدن کند. سپس بطری را با همان نوع روغن پر کرده و آن را فشار دهید تا روی پوشش یا لولهٔ محافظ مخزن سطح ثابت، متوقف شود. این روش را تا پر شدن حداقل دو سوم مخزن ادامه داده و سپس با پیچ نگه‌دارنده آن را محکم کنید. سرپوش پر کردن مخزن را پیچیده و محکم کنید. میزان روغن داخل بطری را به دفعات بررسی کرده و در صورت لزوم باز هم آن را پر کنید.

زیست محیطی

استفاده از روغن مصرف‌شده باید مطابق با مقررات و اصول قانونی صورت پذیرد و همچنین به هیچ‌وجه نباید آن را داخل فاضلاب ریخت.

روغن‌کاری موتور خودرو: روغن‌کاری موتور، به وسیلهٔ روغن موجود در مخزن (کارتل) صورت می‌گیرد. روغن موتور که بین ۴ تا ۶ لیتر است، توسط پمپ مکیده شده و پس از تصفیه به وسیلهٔ صافی، با فشار معیّنی به مدار روغن‌کاری ارسال شده و سپس به یاتاقان‌های اصلی و فرعی هدایت می‌گردد (شکل ۲۴).

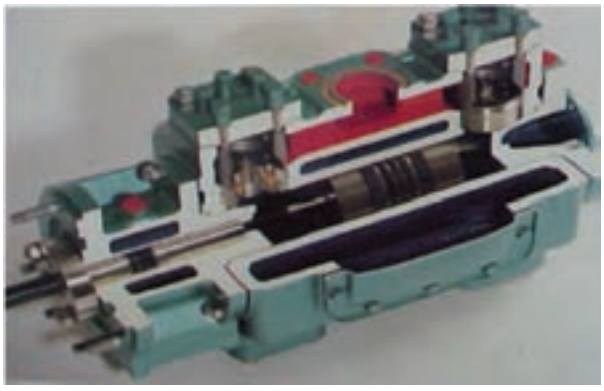


شکل ۲۴ـ سامانهٔ روغن‌کاری موتور

با توجه به کاربرد فراوان انواع و اقسام دمنده‌ها[۱] و کمپرسورها[۲] در صنایع مختلف کشور، آشنایی هرچه بیشتر متخصصین تعمیر و نگه‌داری و کارکنان واحدهای عملیاتی با این تجهیزات امری ضروری است.

کمپرسورها و روانکاری آنها

دمنده اصطلاحاً به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که برای جابه‌جا کردن حجم متوسط گاز با فشارهای کم و تا حدود ۳ بار، مورد استفاده قرار می‌گیرند. کمپرسور به دستگاه‌هایی گفته می‌شود که برای فشرده کردن و انتقال گازها مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲۵). بسته به نوع و ساختمان کمپرسورها، از آنها برای حجم‌ها و فشارهای مختلفی استفاده می‌شود. معمولاً اختلاف فشار گاز ورودی و خروجی کمپرسورها بیشتر از ۳ بار است. البته کمپرسورها و دمنده‌ها خیلی به هم شبیه‌اند و گاهی ممکن است یک دستگاه در یک واحد به عنوان دمنده و در واحد دیگر به عنوان کمپرسور شناخته شود.



شکل ۲۵ـ نمای داخلی یک کمپرسور

۱ـ Blowers
۲ـ Compressors

کمپرسورها دستگاه‌هایی هستند که در بیشتر مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از انواع کمپرسورها و موارد کاربرد آنها در صنایع نفت به شرح زیر می‌باشد:

۱ کمپرسورهای هوا[۱]: برای تولید هوای فشردهٔ مورد نیاز سامانه‌های ابزار دقیق، واحدهای عملیاتی و ماشین‌آلات و ابزارهایی که با هوای فشرده کار می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرند و بیشترین فشار خروجی آنها ۸ بار است.
۲ کمپرسورهای جبرانی[۲]: این کمپرسورها در پالایشگاه‌ها برای فشرده کردن گاز هیدروژن با فشارهای زیاد تا حدود ۲۰۰ بار، جهت تزریق هیدروژن به راکتورهای واحدهای آیزوماکس (واحد شکستن هیدروژنی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این شرایط معمولاً از کمپرسورهای نوع رفت و برگشتی پیستونی استفاده می‌شود.
۳ کمپرسورهای گاز گردشی[۳]: این کمپرسورها برای چرخش گاز هیدروژن در داخل سامانهٔ راکتور واحدهای آیزوماکس و تبدیل کاتالیزگری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به ناخالصی گاز و شدت جریان بالای آن معمولاً از کمپرسورهای گریز از مرکز استفاده می‌شود.
۴ کمپرسورهای گاز مایع (LPG): این کمپرسورها برای فشرده کردن و جابه‌جا نمودن گازهایی مثل C_1، C_2،C_3 و... مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً از کمپرسورهای نوع رفت و برگشتی هستند.
۵ کمپرسورهای ازت یا نیتروژن: این کمپرسورها برای پر کردن گاز نیتروژن به داخل مخازن مربوطه جهت مصارف عملیاتی گاززدایی و تمیزکاری[۴] مسیرهای لوله‌کشی و دستگاه‌ها و همچنین شارژ کردن کپسول‌های نیتروژن در آتش‌نشانی مورد استفاده قرار می‌گیرند و غالباً از نوع کمپرسورهای دیافراگمی هستند.
۶ کمپرسورهای تزریقی: این کمپرسورها برای تزریق گاز به داخل چاه‌های نفت مناطق نفت‌خیز به‌منظور راندن نفت خام به داخل لوله‌های خروجی از چاه‌های نفت مورد استفاده قرار می‌گیرند.
۷ کمپرسورهای سامانه‌های سرمایش: این کمپرسورها روی خنک‌کننده‌ها و سامانه‌های تهویهٔ مطبوع و نیز برای عملیات خنک‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند و غالباً از نوع کمپرسورهای رفت و برگشتی هستند.

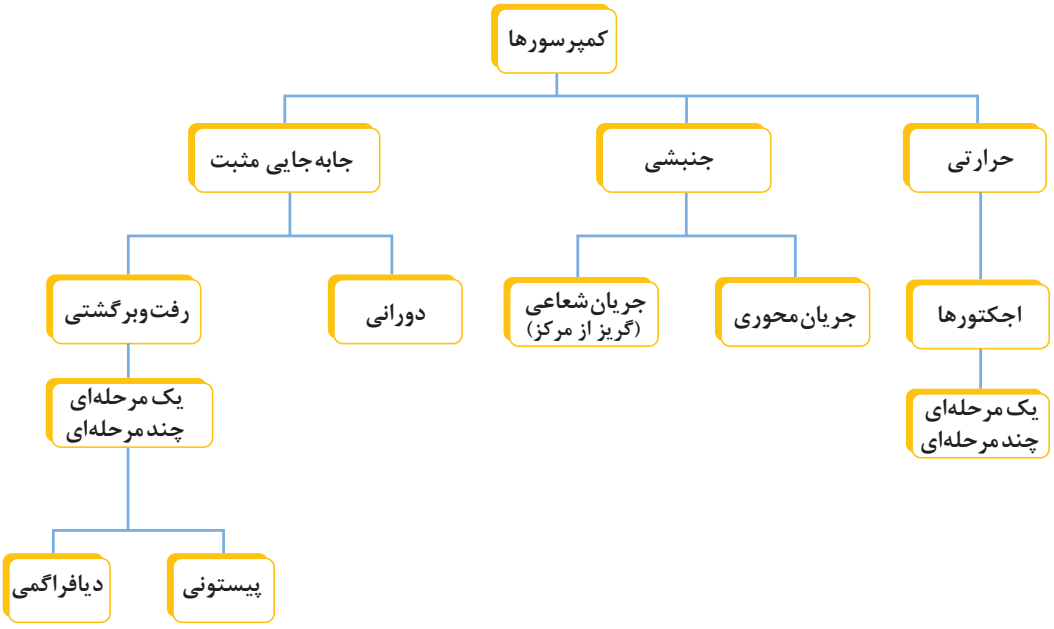
طبقه‌بندی کمپرسورها

کمپرسورها از لحاظ اصول کار به سه دستهٔ کلی طبقه‌بندی می‌شوند:

- کمپرسورهای جنبشی[۵]؛
- کمپرسورهای جابه‌جایی مثبت[۶]؛
- کمپرسورهای حرارتی[۷].

۱ـ Air Compressors
۲ـ Make Up
۳ـ Recycle Gas
۴ـ Purging
۵ـ Dynamic Compressors
۶ـ Positive Displacement Compressor
۷ـ Thermal Compressors

هر کدام از این کمپرسورها، مطابق نمودار شکل ۲۶ به انواع دیگری طبقه‌بندی می‌شوند.



شکل ۲۶ـ طبقه‌بندی انواع کمپرسور

در ادامه برای آشنایی بیشتر، اصول کار چند نمونه از کمپرسورها شرح داده می‌شود.

کمپرسورهای جنبشی

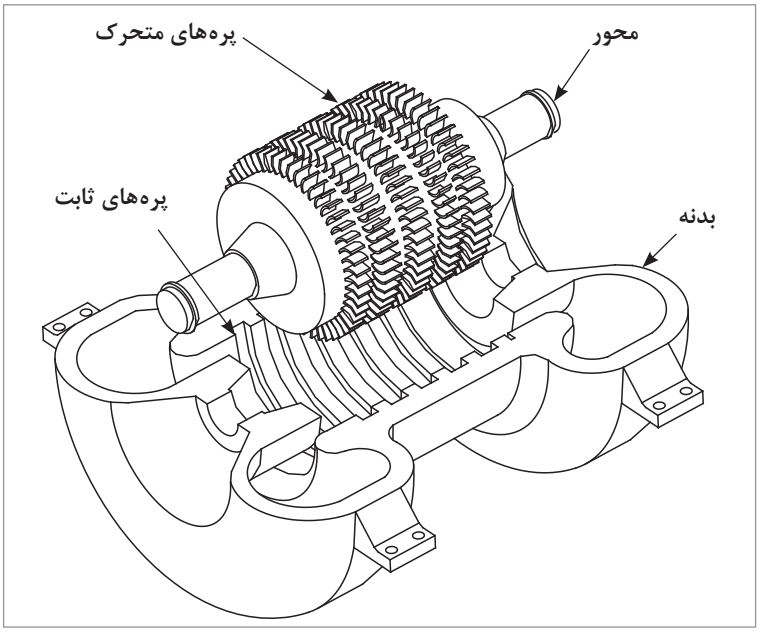
این نوع کمپرسورها، با سرعتی که توسط پرّه‌های دوّار کمپرسور ایجاد می‌شود، عملیات بالا بردن فشار گاز را توسط حرکت دینامیکی انجام می‌دهند و باعث بالا بردن انرژی جنبشی گاز می‌شوند. این نوع کمپرسورها از لحاظ جریان گاز خروجی از پره‌ها در دو دستهٔ کمپرسورهای جریان‌محوری[۱] و شعاعی[۲] طبقه‌بندی می‌شوند.

کمپرسورهای جریان‌محوری

اصول کار این نوع کمپرسورها براساس حرکت دادن گاز توسط پرّه‌های دوّار است. بیشترین استفادهٔ این نوع کمپرسورها، در توربین‌های گازی و برای مواردی است که نیاز به جریان زیاد گاز است. معمولاً فشار خروجی این دسته از کمپرسورها کم و متوسط است. شکل ۲۷ طرح ساده‌ای از این نوع کمپرسور را نشان می‌دهد.

۱ـ Axial Flow Copressor

۲ـ Radial Flow Copressor



شکل ۲۷ـ کمپرسورهای جریان‌محوری

کمپرسورهای جریان‌شعاعی

این نوع کمپرسورها به کمپرسورهای گریز از مرکز معروف هستند و اصول کار آنها استفاده از نیروی گریز از مرکز برای بالابردن انرژی جنبشی گاز است. این عمل توسط پره‌های نصب‌شده بر روی پروانه صورت می‌گیرد. در این نوع کمپرسورها، عامل اصلی انتقال انرژی، پروانهٔ کمپرسور است که روی محور نصب می‌شود و با آن می‌چرخد و پس از وارد شدن سیال به چشمهٔ پروانه، وارد دور پروانه می‌شود و پس از قرار گرفتن در نوک پروانه توسط نیروی گریز از مرکز اعمال‌شده، از پروانه جدا می‌شود و وارد محفظهٔ اطراف آن می‌شود تا انرژی جنبشی دریافت‌شده به انرژی فشاری تبدیل شود. این نوع کمپرسورها بیشترین کاربرد را در صنایع دارند و از آنها برای فشرده‌کردن هوا و گازهای دیگر در حجم‌ها و فشارهای مختلف استفاده می‌شود.

در بعضی از کمپرسورها برای جلوگیری از تماس مستقیم و اصطکاک قطعات ثابت و متحرک، با ایجاد یک لایهٔ نازک روغن روانکاری که همراه گاز وارد کمپرسور می‌شود، از تماس و اصطکاک قطعات ثابت و متحرک جلوگیری می‌شود. بر این اساس، کمپرسورها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱ کمپرسورهای بدون روغن[۱]؛

۲ کمپرسورهای روغنی[۲].

در کمپرسورهای روغنی به‌دلیل کمتر بودن فاصلهٔ بین قطعات ثابت و متحرک، به گازی (هوایی) که وارد کمپرسور می‌شود، روغن تزریق می‌کنند تا بین قطعات ثابت و متحرک، یک لایهٔ روغن به‌وجود آید و از تماس قطعات جلوگیری شود. روغن تزریق‌شده دوباره در قسمت خروجی کمپرسور از گاز یا هوای خروجی توسط سامانه‌های جداکنندهٔ[۳] روغن و گاز، جدا می‌شود و جهت روغن‌کاری قطعات دوباره وارد چرخهٔ اصلی خود می‌شود که گاهی هم نیاز به اضافه‌کردن روغن به داخل مخزن می‌باشد.

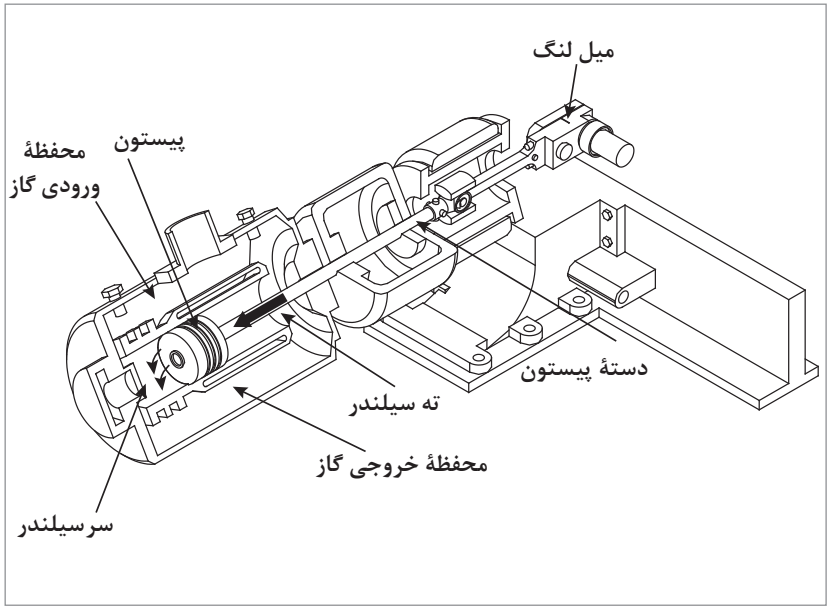
۱ـ Oil Free Compressor

۲ـ Oil Compressor

۳ـ Separator

کمپرسور رفت و برگشتی نوع پیستونی

در این نوع کمپرسورها، حرکت رفت و برگشتی پیستون در داخل سیلندر، باعث تغییر حجم داخلی آن و مکش گاز به داخل سیلندر می‌شود. در مرحلهٔ تراکم، این کاهش حجم سیلندر در اثر حرکت پیستون به سمت جلو، باعث افزایش فشار داخل سیلندر (متراکم شدن گاز) و نهایتاً خارج شدن گاز با فشار بالا از داخل سیلندر در مسیر خروجی کمپرسور می‌شود. در شکل ۲۸ طرح ساده‌ای از یک کمپرسور رفت و برگشتی نوع پیستونی نشان داده شده است:



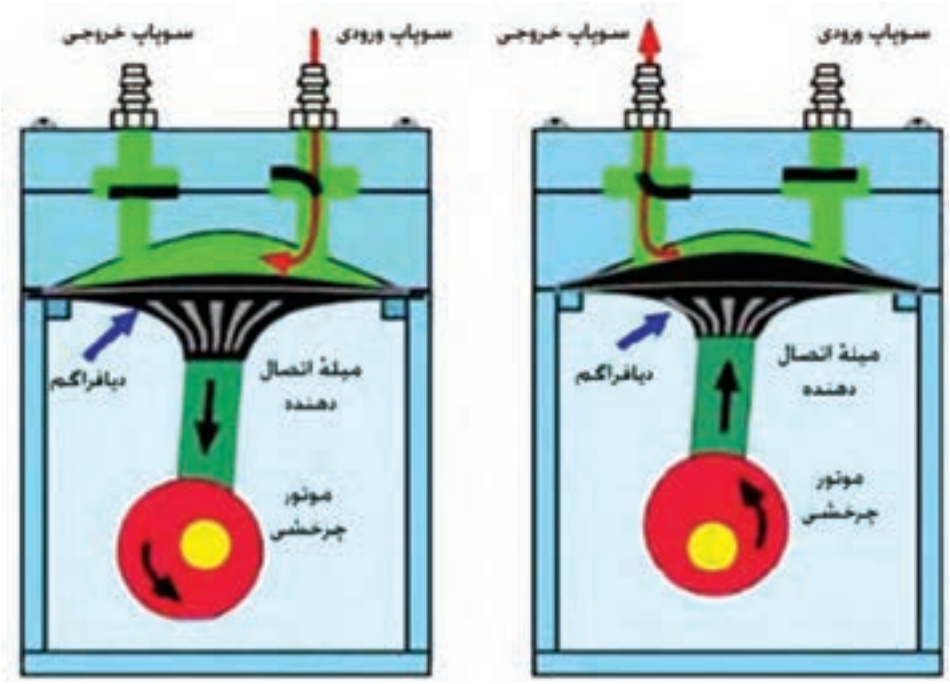
شکل ۲۸ـ کمپرسور رفت و برگشتی نوع پیستونی

کمپرسورها از لحاظ تعداد مراحل، به دو دستهٔ یک مرحله‌ای[۱] و چند مرحله‌ای[۲] طبقه‌بندی می‌شوند.
برای مواردی که حجم زیاد گاز و با فشار بالا مورد نیاز است، باید از کمپرسورهای چند مرحله‌ای استفاده کرد، بدین معنی که افزایش فشار گاز در چندین مرحله انجام می‌شود.

کمپرسورهای دیافراگمی[۳]

اصول کار این نوع کمپرسورها نیز مانند کمپرسورهای پیستونی براساس تغییرات حجم داخل کمپرسور است که توسط حرکت رفت و برگشتی دیافراگم انجام می‌شود. با توجه به ظرفیت پایین کمپرسورهای دیافراگمی و نیز عدم تحمل فشارهای زیاد توسط غشاها، کاربرد این نوع کمپرسورها محدود است. این تجهیزات بیشتر برای جابه‌جا کردن، فشردن و پر کردن کپسول گازهایی نظیر اکسیژن به‌کار می‌روند. در شکل ۲۹ طرح ساده‌ای از ساختمان داخلی یک کمپرسور دیافراگمی نشان داده شده است.

۱ـ Single Stage Compressors
۲ـ Multistage Compressors
۳ـ Diaphragm Compressor



شکل ۲۹ـ ساختمان داخلی کمپرسور دیافراگمی

برای کنترل کردن مسیرهای ورودی و خروجی گاز، از شیرهای کمپرسور (سوپاپ‌ها) استفاده می‌شود. شیرها از مهم‌ترین قطعات کمپرسورهای رفت و برگشتی می‌باشند که خراب شدن آنها باعث عدم آب‌بندی و برگشت دوبارهٔ گاز به داخل و گرم شدن آن و نهایتاً کاهش ظرفیت و جریان کمپرسور می‌شود و بالاخره عملکرد نامناسب آنها نیز باعث کاهش کارایی کمپرسور می‌شود.

کمپرسورهای حرارتی[1]

از آنجایی که حرارت دادن گاز باعث افزایش جنبش مولکول‌ها و افزایش فشار در حجم ثابت می‌شود (مثل دیگ‌های زودپز که برای پختن غذا از آنها استفاده می‌شود)، در بعضی از فرایندها که با چرخهٔ گازی کار می‌کنند، از این سامانه‌ها استفاده می‌شود و بالا بردن فشار گاز در این سامانه‌ها با حرارت دادن گاز انجام می‌شود.

اجکتورها[2] جزو دسته کمپرسورهای حرارتی طبقه‌بندی می‌شوند و ساختمان و اصول کار آنها با کمپرسورهای معمولی متفاوت است. اجکتورها به‌صورت یک شیپور همگرا ـ واگرا هستند که با سرعت گرفتن سیال عبوری از آنها، خلأ ایجاد می‌شود. با استفاده از خلأ ایجاد شده، بخارها از داخل سامانهٔ مربوطه مکیده شده و از آنجا خارج می‌شوند. از اجکتورها برای کاربردهایی نظیر تخلیهٔ آب حوضچه‌ها استفاده می‌شود.

۱ـ Thermal Compressor

۲ـ Ejectors

سامانه‌های روغن‌کاری کمپرسورها

کمپرسورها را با استفاده از سامانهٔ پاششی ساده و سامانه‌های تغذیهٔ اجباری به کمک پمپ، روغن‌کاری می‌کنند. در کمپرسورهای کوچک فقط از سامانهٔ روغن‌کاری پاششی استفاده می‌شود اما در کمپرسورهای نیمه‌بسته و باز، روغن‌کاری توسط پمپ روغن انجام می‌گیرد.

به‌دلیل اهمیت روغن‌کاری باید از وجود روغن کافی در کمپرسور مطمئن شد؛ به‌همین منظور بر روی بدنهٔ کمپرسور، شیشه‌ای قرار دارد تا بتوان سطح روغن داخل کمپرسور را بازدید نمود و در صورت پایین آمدن سطح روغن از اندازهٔ تعیین‌شده، نسبت به جبران آن اقدام نمود.

همچنین برای اطمینان از کار صحیح پمپ روغن، از کلید پایش فشار استفاده می‌شود تا در صورت خراب شدن پمپ روغن و نبودن فشار مناسب برای روغن‌کاری اجزای کمپرسور، توسط آن کمپرسور خاموش شود.

روانکاری بین جداره‌های رینگ‌ها و داخل سیلندر کمپرسورهای رفت و برگشتی، با استفاده از سامانه‌های روغن‌کاری قطره‌ای انجام می‌شود. همچنین برای جلوگیری از برگشت گاز کمپرسور به داخل لوله‌های روغن، معمولاً از شیر یک‌طرفه[1] استفاده می‌شود تا از عکس‌شدن جریان گاز به داخل روغن که گاهی می‌تواند خطرناک هم باشد، جلوگیری شود.

در بیشتر کمپرسورها جهت افزایش ایمنی سامانهٔ روغن‌کاری از یک پمپ قطره‌ای که لولهٔ ورودی آن در داخل مخزن کمی بالاتر از لولهٔ پمپ‌های دیگر است و همراه با بقیهٔ پمپ‌ها کار می‌کند، استفاده می‌شود.

بازرسی معمول راه‌اندازی اولیه و پس از تعمیرات اساسی کمپرسورهای رفت و برگشتی

در راه‌اندازی اولیه و یا پس از هر بار تعمیرات اساسی کمپرسورهای رفت و برگشتی، باید تمیزکاری کلی اطراف کمپرسور و بازرسی سرپوش‌ها برای جلوگیری از نفوذ اجسام خارجی به داخل سامانهٔ روغن و کمپرسور انجام شود. این بازدیدها شامل بازرسی سامانهٔ روغن‌کاری سیلندرها نیز می‌باشد.

مهم‌ترین عامل در کارایی دستگاه‌ها، انتخاب صحیح نوع روغن و سامانهٔ روانکاری است. این سامانه شامل روغن‌کاری قسمت‌های ثابت و متحرک داخل سیلندر (سامانهٔ روغن‌کاری قطره‌ای) نیز می‌باشد که در راه‌اندازی اولیه و پس از هر بار تعمیرات اساسی کمپرسورها باید مورد توجه قرار گیرند.

فعالیت عملی ۱۱

راه‌اندازی کمپرسورها

نکات مورد توجه در راه‌اندازی اولیه و بعد از تعمیرات کمپرسورها عبارت‌اند از:

۱ اطمینان از تمیز بودن و عاری بودن سرپوش‌ها و قسمت‌های مختلف از خاک، شن و دیگر آلودگی‌ها که درصورت نیاز به تمیزکاری باید با پارچه‌ای بدون نخ‌های آزاد (بدون پرز) و با مایع تمیزکننده پاک شوند. به‌منظور سهولت انجام کار معمولاً داخل کمپرسورها رنگ سفید زده شده است تا آلودگی‌ها و اجسام خارجی به‌راحتی قابل دیدن باشند.

۱ـ Check Valve

۲ هنگام شست‌وشوی لوله‌های داخلی[۱] و بدنهٔ کمپرسورها و دیگر ماشین‌آلات، از روغن‌هایی باید استفاده شود که غلظت آن کمتر از غلظت روغن اصلی سفارش‌شدهٔ کارخانه باشد تا قابلیت نفوذ و حرکت آن در کلیهٔ منافذ بهتر باشد. لازم به توضیح است که با توجه به نوع روغن‌های حفاظتی استفاده‌شده، نوع روغن برای شست‌وشو و تمیزکاری مسیرهای روغن توسط کارخانهٔ سازنده پیشنهاد می‌گردد.

شکل ۳۰ـ سامانهٔ تمیزکاری کمپرسور

۳ هنگام شست‌وشو و تمیزکاری مسیرهای روغن، باید کلیهٔ مسیرهای ورودی روغن به یاتاقان‌ها باز شوند و ابتدا مسیرهای لوله‌کشی پمپ، کولرها، فیلترها و... تمیز گردند. در این مرحله، افت فشار روغن در داخل فیلترها باید به دقت تحت نظر قرار گیرد و با افزایش افت فشار، فیلترها بازرسی شده و برای تمیزکاری و یا تعویض آنها اقدام شود.

۴ هنگام عملیات شست‌وشو و تمیزکاری مسیرهای روغن، هر پانزده دقیقه یک بار میل‌لنگ را باید یک چهارم دور چرخاند.

۵ کلیهٔ اتصالات و سامانه‌های روغن باید از نظر نشتی مورد بازرسی قرار گیرند.

۶ پس از اتمام کار شست‌وشو و تمیزکاری، روغن کثیف داخل سامانه تخلیه شده و روغن پیشنهادی کارخانهٔ سازنده به داخل محفظهٔ روغن ریخته می‌شود و سطح آن تنظیم می‌شود. پس از شارژ روغن، موتور برقی یدک به‌کار انداخته می‌شود و سپس به اندازهٔ حجم روغن کم شده که درون لوله‌ها، کولرها و... رفته است، دوباره مخزن روغن تا ارتفاع مشخص‌شده پر می‌شود.

۷ اطمینان از تنظیم بودن تمامی شیرهای کنترل[۲]، نشان‌دهنده‌های فشار[۳]، نشان‌دهنده‌های دما، ترموکوپل‌ها، کلیدها و... .

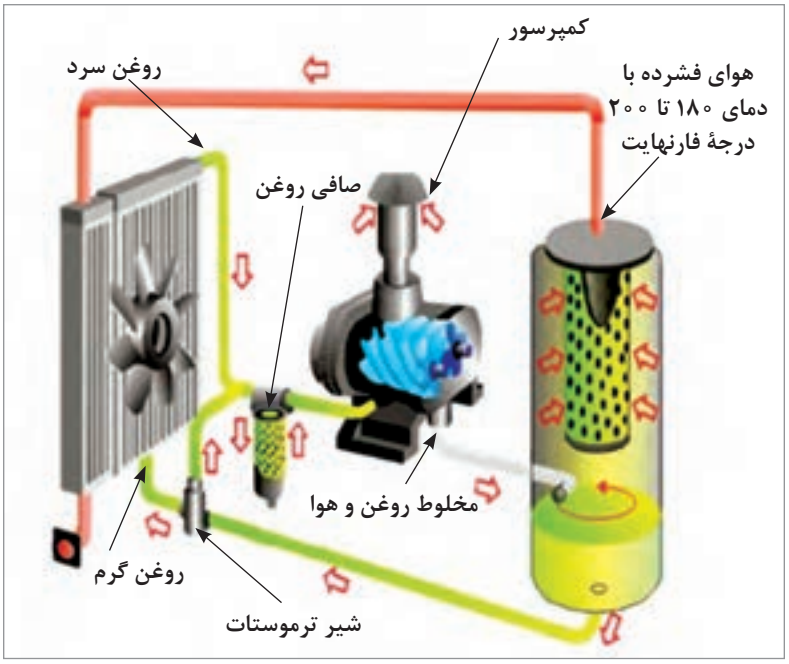
۸ بازدید کلیهٔ کلیدهایی که به‌وسیلهٔ عامل فشار و دما تغذیه می‌شوند.

۱ـ Flushing

۲ـ Control Valve

۳ـ Pressure Gauge

۹ بازدید شیرهای یک طرفه و اطمینان از جهت صحیح نصب آنها.
۱۰ بازدید کلیهٔ شیرهای اطمینان[۱] روغن طبق تنظیمات توصیه شده و زمان مقرر برای هر کدام از آنها.
۱۱ اطمینان از کارکرد مناسب گرمکن‌های روغن (برقی و بخاری) و شیوهٔ عمل کردن آنها در دمای مناسب.
۱۲ هواگیری کلیهٔ مسیرهای روغن اعم از فیلترها، کولرها و... .



شکل ۳۱ـ چرخهٔ گردش روغن در کمپرسور

فیلم

فیلم آموزشی روانکاری کمپرسورها.

موارد قابل توجه در سامانهٔ روانکاری کمپرسور:

- بازبینی منظم فشار و دما هنگام کار و خاموشی دستگاه‌ها هر ۶ ماه یک بار؛
- بازرسی سطح روغن هنگام خاموشی دستگاه؛
- تعویض روغن در صورت کثیف شدن روغن؛
- تمیز کردن صافی روغن در هنگام تعویض روغن.

مواردی که باید در هنگام روانکاری مورد توجه قرار گیرند عبارت‌اند از:

- تعداد و محل‌های روانکاری هر دستگاه؛
- روش روانکاری (استفاده از پمپ، گریس‌پمپ، قیف، برس مویی، حجم و میزان روانکار)؛
- نوع روانکار.

۱ـ Safety Valve

تمیزکاری و شست‌وشوی سامانه‌های روانکاری

پایش تمیزی روغن در میان صاحبان تجهیزات امری کاملاً پذیرفته‌شده است و در قالب برنامه‌های تعمیر و نگه‌داری دوره‌ای و منظمی مانند تمیزکاری لوله‌ها، مخازن، دستگاه‌های خنک‌کننده و غیره انجام می‌گیرد. آلودگی روغن با کاهش کارایی و طول عمر روغن، عملکرد دستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و هزینه‌های سنگینی را تحمیل خواهد کرد. در این راستا یکی از روش‌های مؤثر که موجب بهبود کارایی روغن می‌شود، شست‌وشوی سامانهٔ روانکاری با استفاده از روغن شست‌وشو است. معقول‌ترین و مؤثرترین روش بازرسی شرایط روغن، پایش مناسب روانکار و سامانهٔ روانکاری است که براساس یک برنامهٔ صحیح و دقیق تجزیه و آزمون روغن، تنظیم شده باشد. در این روش علاوه بر اندازه‌گیری مشخصات اصلی روانکار، به سؤالاتی مانند تمایل روانکار به ایجاد لجن و عوامل دیگر که موجب کاهش عمر روغن در هنگام کارکرد می‌شوند، با بررسی شرایط عمومی و مواد موجود در روانکار، پاسخ داده می‌شود.

پرسش اصلی این است، که وقتی رسوب، لجن یا آلودگی‌های ناشی از زنگ‌زدگی قطعات در سامانهٔ روغن به‌وجود می‌آید یا زمانی که سامانهٔ روانکاری یک واحد تازه راه‌اندازی شده به واسطهٔ آلودگی‌های شیمیایی یا مکانیکی در حال صدمه دیدن است، چه باید کرد؟ با حجم بالای ذرات ساینده ناشی از خرابی و سایش شدید اجزای سامانه نظیر یاتاقان‌ها چه باید کرد؟

برای عملکرد بدون مشکل سامانه، آلودگی‌ها باید از سامانهٔ روانکاری حذف شوند. به هرحال، زمانی که در شرایط حاد، نوع و میزان این ذرات آلاینده، بیشتر از ظرفیت جداسازی فیلترها شود، عملکرد آتی اجزا تهدید شده و عملکرد سامانه دچار مشکل خواهد شد. در این شرایط، روش‌های نگه‌داری استاندارد به تنهایی کافی نیستند بلکه در کنار اقدامات تعریف شده، شست‌وشوی کامل سامانه با شوینده‌ای مناسب، به‌گونه‌ای‌که سیّال شست‌وشو، تلاطم کافی داشته باشد، نیز باید انجام شود. اگر پس از انجام این کارها، روغن مورد استفاده همچنان ویژگی‌های موردنظر را در سطح مناسب تأمین نکند، روانکار را باید تعویض نمود.

از آنجایی که انجام عملیات تمیزکاری سامانهٔ روانکاری در ضمن انجام تعمیرات اساسی سالیانه یا در واحدهایی که تازه راه‌اندازی شده‌اند، مشکل است، روش‌های متنوعی مانند سنبه‌زنی، شست‌وشوی شیمیایی (با استفاده از حلّال‌ها، مواد افزودنی و غیره)، دمیدن بخار به داخل سامانه و یا استفاده از روش‌های متنوع شست‌وشو با روغن، در این خصوص مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از این روش‌ها در سامانه‌های خیلی آلوده نتایج مطلوب و در عین حال مقرون به صرفه‌ای را از نظر زمان و هزینه به دست نمی‌دهند و حتی اگر نتیجه‌ای هم حاصل شود غالباً ناپایدار بوده و پس از مدت کوتاهی از بین می‌رود و نیاز به تمیزکاری‌های بعدی نیز وجود خواهد داشت.

این ناخالصی‌ها می‌توانند در طول کارکرد، در اثر تخریب روغن یا خوردگی قطعات ایجاد شوند (شکل ۳۲). در فرایندهایی که گاز فشرده مورد استفاده قرار می‌گیرد، گاز مقادیری از ناخالصی را با خود حمل می‌کند و می‌تواند با عبور از آب‌بندها با روغن پایه و یا مواد افزودنی روغن واکنش دهد. این آلودگی‌ها در داخل سامانهٔ روانکاری جمع شده و رسوبات مختلفی را بر جای می‌گذارند.

شکل ۳۲ـ رسوبات ناشی از تخریب روغن و خوردگی قطعات

ناخالصی‌ها دلیل اصلی سایش زودرس قطعات هستند و می‌توانند موجب توقف کامل سامانه شوند. آسیب‌پذیرترین دستگاه‌ها پمپ‌ها، خنک‌کننده‌های روغن، فیلترها و مخازن هستند.

تمیزکاری یک سامانهٔ روانکاری، کار آسانی نیست. تمیزکاری هیدرودینامیک با استفاده از پاشش آب با فشار بالا و به دنبال آن شست‌وشو با استفاده از جریان بسیار متلاطم روغن، روش ارزشمند و مفیدی است که جایگزین روش‌های قدیمی شده است. شست‌وشو با روغن بعد از فرایند آب‌شویی بسیار مؤثرتر و سریع‌تر خواهد بود. این امر اجازه می‌دهد تا یک برنامهٔ منظم و بدون وقفه برای شروع به‌کار سامانه تنظیم گردد و نیازی به صرف زمان زیاد برای انجام شست‌وشو نخواهد بود. با اجرای این روش، امکان تعمیر و نگه‌داری سامانه به صورت مؤثر و فعال وجود خواهد داشت. این روش برای محیط‌زیست نیز زیان‌آور نیست چرا که آب یک حلّال طبیعی و تمیز است و آب خروجی از سامانه نیز حاوی آلاینده‌های متصل به دیوارهٔ داخلی قطعات همراه با مقادیر بسیار کم روغن موجود در سامانه است. بسته به میزان دقت و کیفیت مورد استفاده در این روش، ضمانت بلندمدت‌تری برای تمیزی سامانه وجود خواهد داشت.

فعالیت عملی ۱۲

انجام چند نمونه روانکاری

با استفاده از روانکارهای تهیه‌شده، روانکاری تجهیزات در دسترس خود مانند کولر، چرخ خیاطی، صندلی، لولاهای درها و... را انجام دهید.

فعالیت عملی ۱۳

بازدید از مراکز صنعتی

با هماهنگی هنرآموز خود از مراکزی که دارای پمپ و کمپرسور هستند، بازدیدی به عمل آورید. در مورد آنها و سامانه‌های روانکاری گزارشی تهیه کنید.

پرسش

۱ روانکاری را تعریف کنید.
۲ اهمیت روانکاری در صنعت را شرح دهید.
۳ انواع روانکارها را نام ببرید.
۴ ویژگی‌های انواع روغن‌ها را بنویسید.
۵ خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها را نام ببرید.
۶ گرانروی را شرح دهید.
۷ نقطهٔ ریزش و ابری شدن را تعریف کنید.
۸ تفاوت گریس‌ها با روغن‌ها را بنویسید.
۹ چند نمونه کاربرد روانکارهای گازی را نام ببرید.
۱۰ خواص نانوروانکارها را بنویسید.
۱۱ در کدام روش از تمیزکاری یک سامانهٔ روانکاری، احتمال آسیب زدن به محیط‌زیست کمتر است.

ارزشیابی شایستگی روانکاری تجهیزات

شرح کار:
چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.
هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.
پس از انجام کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

استاندارد عملکرد: تهیهٔ چند نمونه مایع خنک‌کننده و انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری طبق دستور کار

شاخص‌ها:

۱ رعایت مسائل ایمنی هنگام کار
۲ انجام کار طبق دستور کار

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط مکان: کارگاه ایمن و مجهز
شرایط دستگاه: آماده به کار
زمان: یک جلسهٔ آموزشی
ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، تجهیزات لازم کارگاهی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	تهیهٔ چند نمونه روغن روان‌کننده	۲	
۲	روانکاری پمپ‌ها	۱	
۳	روانکاری کمپرسورها	۱	
۴	نظافت محیط و تجهیزات	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی. ۲ـ نگرش: صرفه‌جویی در مواد مصرفی. ۳ـ توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت‌وپاش. ۴ـ شایستگی‌های غیرفنی: ۱ـ اخلاق حرفه‌ای ۲ـ مدیریت منابع ۳ـ محاسبه و کاربست ریاضی. ۵ـ مستندسازی : گزارش‌نویسی	۲	
	میانگین نمرات	*	

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.