

## کاهش اصطکاک سطوح در چرخ دنده ها

مهندسين طراح ميدانند که توليدکنندگان همواره به دنبال يافتن راهی برای کاهش هزینه های عملیاتی خود از طريق کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری، زمان سرویس دستگاه ها و افزایش بازده دستگاه ها هستند. یکی از مقرون به صرفه ترین و سریعترین راه ها، استفاده از روانکارهای مناسب و با کیفیت بالا در دستگاه و اجزای آن مانند جعبه دنده ها، می باشد

مطالعات اخير حاکی از آن است که روانکارهای صنعتی مناسب می توانند بازده انرژی را به میزان ۳۰٪ افزایش دهند. به عبارت دیگر چنان چه راندمان دستگاه ۶۰٪ باشد، با استفاده از یک روانکار با کیفیت بالا راندمان تا میزان ۸۰٪ افزایش خواهد يافت. در همین راستا، استفاده از روغن های سنتزی می تواند عمر ياتاقان و دنده را افزایش دهد؛ در نتیجه زمان تعمیرات کارخانه کاهش یافته و نیاز به تامین و جایگزینی قطعات نیز کاهش می يابد.

### خواص روانکار

روانکارها به سه دسته اصلی : روغن پایه های نفتی (روغن های معدنی)، روغن های نیمه سنتزی و روغن های کاملاً سنتزی، دسته بندی می شوند.

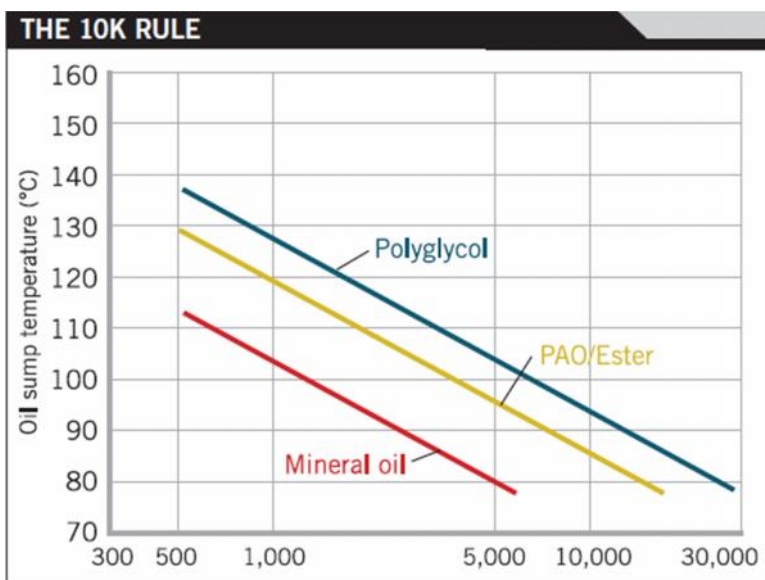
دسته اول یا همان روغن های معدنی از پالایش نفت خام به دست می آید؛ این دسته شامل هیدروکربن های زنجیره ای، حاوی انواع ناخالصی ها می باشند که به لحاظ قیمت نیز جزء ارزان ترین روغن ها هستند، اما از ثبات اکسیداسیونی پایین تری برخوردار هستند. به همین دلیل، زمان تعویض آن ها نسبت به دیگر روغن ها کمتر می باشد؛ به عنوان مثال بعد از ۵۰۰۰ ساعت کارکرد در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  این نوع روغن ها نیاز به تعویض دارند. به علاوه، پایداری حرارتی این روغن ها به گونه ای است که حداکثر دمای عملیاتی آنها  $90^{\circ}\text{C}$  تا  $100^{\circ}\text{C}$  می باشد.

برای روانکاری ياتاقان ها و دنده ها ۲ دسته ی اصلی از روغن های سنتزی پلی آلفا الفین ها (PAO) و پلی آلکیلن گلیکول (PAG) یا پلی گلیکول های ساده مورد استفاده قرار می گیرند. هر نوع از این ترکیبات مزیت هایی دارند که تابعی از خواص فیزیکی، کاربردها، و دیگر متغیرها می باشد. اکثر روغن های سنتزی از دیگر ترکیبات نفت خام توسط سنتز، طی یک فرآیند شیمیایی به دست می آیند. در نتیجه ترکیبات آنها به کلی متفاوت از روغن های پایه نفتی می باشد. روانکارهای سنتزی به طور کلی خلوص و یکنواختی بهتری دارند که این امر سبب می شود تا مزایای متعددی داشته باشند. از جمله این ویژگی ها می توان به شاخص ویسکوزیته بالاتر، پایداری در برابر اکسیداسیون بهتر، ضریب اصطکاک پایین تر و ارائه رفتار بهتر در دماهای پایین اشاره نمود. (جدول ۱)

خواص	روغن های معدنی	پلی آلفا الفین ها	پلی گلیکول
تغییرات ویسکوزیته نسبت به دما	•	+	++
عمر مفید	•	+	++
مشخصات در دماهای پایین	--	++	+
محافظت در برابر سایش	•	+	++
ضریب خوردگی	•	+	++
خنثی بودن نسبت به مواد آب بندی و رنگ	++	•/++*	•/+*
<p>• = رضایتبخش      + = خوب      ++ = خیلی خوب      -- = ضعیف</p> <p>* در هنگام استفاده در تجهیزات مستعمل و کهنه سازگاری آن بررسی شود.</p>			

جدول (۱) تفاوت بین گروه های مختلف روانکار

درحالی که پلی آلفا الفین ها بهترین رفتار را در دماهای پایین از خود نشان می دهند، پلی گلیکول ها، دارای پایداری حرارتی عالی و همچنین بهترین ثبات ویسکوزیته با تغییرات دمایی و پایین ترین ضریب اصطکاک را دارا می باشند. مقایسه روغن های معدنی با روغن های سنتزی در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  نشان می دهد که فواصل زمانی تعویض روغن های با پایه PAO تا ۳ برابر و روغن های با پایه PAG تا ۵ برابر طولانی تر است. لذا همانگونه که مشاهده می شود، زمان تعویض روغن دنده بستگی به رفتار شیمیایی روانکار مورد استفاده دارد. شیب خط در شکل (۱) قانون 10k را نشان می دهد: به ازای هر  $10^{\circ}\text{C}$  افزایش دمای روانکار بالاتر از  $80^{\circ}\text{C}$ ، طول عمر روانکار نصف می شود.



شکل (۱) طولانی بودن فواصل زمانی بین تعویض روانکار های سنتزی سبب کمتر شدن توقف دستگاه ها و تامین مجدد روانکار می شود.

## روغن دنده و جعبه دنده ها

انتخاب روانکار مناسب هر جعبه دنده، سبب کاهش نرخ سایش، کاهش دمای عملیاتی و در نهایت افزایش راندمان انرژی می شود. در سال های گذشته، مهندسين بدون در نظر گرفتن مبحث روانکاری اقدام به طراحی جعبه دنده (گیربکس) می کردند؛ اما امروزه، طراحان، با توجه به تاثیر روی قابلیت تحمل فشار (روانکاری بین اجزای سیستم) فاکتور ویسکوزیته روغن را هنگام طراحی در نظر می گیرند. شاخص ویسکوزیته نیز بسیار مهم است، زیرا نشان دهنده ی توانایی ثبات تغییرات ویسکوزیته نسبت به تغییرات دما و فشار است؛ هر قدر شاخص ویسکوزیته روغن بالاتر باشد تغییرات ویسکوزیته با تغییرات دمایی کمتر است. ضریب فشار ویسکوزیته تغییرات ویسکوزیته روغن تحت فشار را بیان می کند. هر قدر فشار افزایش یابد ویسکوزیته نیز افزایش خواهد یافت و بنابراین می تواند فشار را تحمل کند و در نهایت از این طریق قطعات فلزی جعبه دنده را روانکاری کند.

سازندگان حرفه ای جعبه دنده ها باید بدانند که روغن دنده مناسب از جنبه های مختلف روی طراحی جعبه دنده ها از جمله شرایط واقعی عملکرد تاثیرگذار است؛ لذا، میزان افزایش راندمان انرژی جعبه دنده به انتخاب نوع روغن با کیفیت، و مناسب با کارایی جعبه دنده و نوع آن بستگی دارد. در واقع انتظار می رود یک روغن یا روانکار مناسب بتواند نیاز های زیر را برآورده کند؛ از جمله : کاهش اصطکاک و سایش، محافظت در برابر خوردگی، انتقال حرارت ایجاد شده و آب بندی مناسب قطعات بسته به نوع شرایط عملیات و مشخصات دستگاه، روانکار باید خواص مذکور را ایفا کند.

با این حال، شرایط دیگری نیز وجود دارند که در انتخاب روانکار مناسب باید آنها نیز مورد بررسی قرار داد. از جمله این نوع شرایط می توان به سرعت عملکرد ( ثابت یا متغیر)، نوع اصطکاک (غلثشی یا مالشی)، بار و شرایط زیست محیطی و در نهایت استاندارد های صنعتی اشاره کرد. بسته به نوع دستگاه، اجزاء سازنده و نوع کاربرد، طراحان باید به انواع روانکار و خواص آنها اشراف داشته باشند؛ همچنین باید دانست که هر نوع قطعه یا فلز در دستگاه با نوع خاصی از روغن سازگاری دارد و نمی توان از یک نوع روغن برای همه ی دستگاه ها استفاده کرد.

توجه به مشخصات فنی دنده، میزان سایش و پدیده حفره ای شدن عواملی هستند که در طراحی جعبه دنده موثر می باشند. در حالت ایده آل جعبه دنده ها باید برای همیشه کار کنند؛ اما می دانیم که سایش در دندانه ها، اجزای دنده، و یاتاقان ها مانع دسترسی به این ایده آل خواهند شد. این عوامل از طریق گشتاور و سرعت اثر منفی خود را بر جای می گذارند، که این اثر منفی در خستگی و فرسودگی قطعات روانکاری شده خود را نشان می دهد.

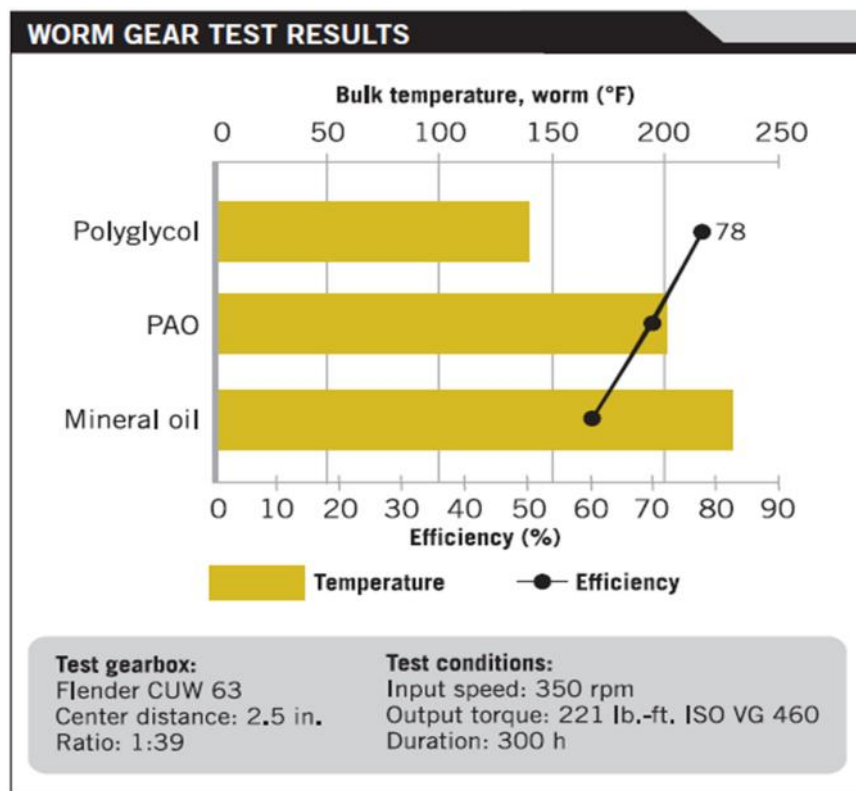
برای مثال ایجاد حفره، نوعی شکست در دستگاه می باشد که ظاهر شدن آن نشان دهنده ی پایان عمر دستگاه می باشد. یکی از مزایایی که روغن های سنتزی دارند این است که با استفاده از یک روانکار سنتزی مناسب می توان این زمان خستگی را به تعویق انداخت؛ همانطور که قبلا ذکر شد این تعویق ۵ برابر زمانی است که از یک روغن پایه معدنی جهت روانکاری استفاده می شود. واضح است در چنین شرایطی علاوه بر کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات سود دهی نیز افزایش می یابد.

## افزایش بهره وری

یکی از روش های افزایش راندمان انرژی جایگزینی روانکارهای پایه معدنی با روانکارهای سنتزی می باشد. اکنون باید بدانیم افزایش بهره وری یا افزایش راندمان انرژی چیست؟ راندمان انرژی در جعبه دنده، تولید بیشترین قدرت خروجی به ازای نیرو یا قدرت وارد شده بر آن. از دست رفتن این قدرت از طریق حرارت ایجاد شده، اصطکاک در یاتاقان ها و هدر رفت در قسمت آب بندی و دنده ها نمایان می شود. بنابراین مهندسين طراحي با شناخت این موارد باید انواع روغن دنده ها را نیز بشناسند تا قادر به تعیین و انتخاب روانکار مناسب آن جعبه دنده باشند.

اگرچه، راندمان مجموعه دنده در نهایت با توجه به نوع دنده تعیین می شود، روغن های با کارایی بالا ( روغن های سنتزی پایه پلی گلاکولی یا PAO) در دنده های صنعتی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند زیرا راندمان بهتری نسبت به روغنهای معدنی از خود نشان داده اند. چرخ دنده هایی با درصد تماس مالشی کم مثل چرخ دنده های مخروطی و تیغه ای، بهره وری کمی خواهند داشت در حالی که چرخ دنده هایی مثل مارپیچی و هیپوئیدی که درصد تماس مالشی آنها بیشتر است دارای بهره وری بالاتری تا میزان ۳۰٪ هستند.

شکل (۲) را در نظر بگیرید. دستگاه آزمایشی توانایی ذخیره ی انرژی را در یک دنده ی مارپیچی نشان می دهد. همانگونه که از شکل پیداست، هنگامی که در دستگاه از روانکار پایه معدنی استفاده می شود بازده ۶۰٪ است؛ این درحالی است که با جایگزینی روغن سنتزی با پایه PAO این بهره وری تا ۷۰٪ افزایش یافت و استفاده از روغن سنتزی با پایه PAG این بهره وری را به ۷۸٪ رساند.



شکل (۲) در شرایط تماس مالشی زیاد پلی گلایکول ها تاثیر مطلوب تری در جلوگیری از افزایش دما نسبت به PAO ها و روغن های معدنی از خود نشان می دهند.

همانطور که در شکل مشاهده می شود با افزایش کارایی، دمای چرخ دنده کاهش ، نشان می دهد، این اختلاف دما موجب افزایش طول عمر چرخ دند ها می گردد و در نهایت صرفه جویی هنگفتی در واحدهایی ایجاد می کند که دارای چندین گیربکس(صدها) با این مشخصات می باشد. بنابراین، نقش روانکارهای سنتزی در کاهش هزینه ها از طریق افزایش عمر مفید دستگاه ها اثبات شده است. طبق برخی مطالعات صورت گرفته، تغییر روانکارهای پایه معدنی به روانکارهای سنتزی هزینه های تولید را به میزان ۲٪ الی ۸٪ کاهش داده است.

در دنیای تولید، نوار نقاله - دستگاه هایی که به طور معمول محصولات را از طریق یک دیسک ماریپچی حرکت می دهند و منتقل می کنند- کاندیدای اولیه برای انتخاب روانکار با کیفیت بالا هستند. شرکت های بطری سازی و مخلوط کنی (brewing) که صدها جعبه دنده و نوارنقاله دارند، بهتر است از روغن های توصیه شده در این مقاله استفاده نمایند.

گزینه های مختلفی برای انتخاب روانکار جهت دستگاه ها و جعبه دنده ها وجود دارد. این گزینه ها انواع روغن های پایه معدنی تا روغن های نیمه سنتزی و تمام سنتزی را در بر میگیرد. نظر به اینکه سازندگان به دنبال انتخاب راهی هستند که محصولات خود را سریعتر، بهتر و ارزانتر تولید کنند، اهمیت انتخاب روانکار مناسب جهت کاهش هزینه های

تمام شده مشخص می شود. به همین دلیل مهندسين طراحی نیز باید آگاهی کامل نسبت به انواع روانکار و با کیفیت ترین آنها داشته باشند.

با توجه به مطالب گفته شده، این مسئله که روانکارهای سنتزی دارای پایداری بهتر، اثر مثبت در محافظت از خوردگی و سایش و افزایش عمر عملیاتی دستگاه ها و جعبه دنده ها می باشند، اثبات شده است. بنابراین، در حالیکه به نظر می رسد قیمت های روانکارهای سنتزی بالاتر از روانکارهای معدنی هستند، اما به دلیل مزایای ویژه ای که در عمر مفید دستگاه و زمان تعویض روانکار و .... دارند، در طولانی مدت بسیار مقرون به صرفه هستند.

در نهایت به این نکته می رسیم که روانکارهای سنتزی بازده انرژی را از طریق کاهش هدر رفت و اتلاف انرژی بالا می برند و از آنجایی که کاهش اتلاف انرژی در کاهش تولید آلاینده هایی چون CO<sub>2</sub> موثر است، می توان به حفظ محیط زیست نیز کمک کرد.

منبع : [www.plantservices.com](http://www.plantservices.com)

ترجمه : یاسمن مقدم – کارشناس مهندسی فرآورده ها