

درآمدی بر روانکارهای فیلم جامد

ترجمه: امیررضا غیسی

امروزه در بیشتر کارخانه های تولیدی قسمتی وجود دارد که در آن شرایط عملیاتی از نظر محدوده روانکاری حاد یا ویژه تشخیص داده می شود. از جمله این شرایط می توان به سرعت های بالا و پایین محورها، دماهای بالا و پایین، فشار بالا، آلاینده های فرایند و عدم دسترسی در بعضی قسمت ها اشاره کرد. از طرفی روانکارهای سیال در شرایطی مناسب عمل می کنند که صفحات سطوح طراحی شده و سرعت های محوری، اجازه تشکیل موثر فیلم روغن را بدهند که البته باید به محدوده دمای عملیاتی (بین 20- تا 100 درجه سانتیگراد) نیز توجه داشت.

به عبارت دیگر محدودیت کاربرد روانکارهای سیال، صرف نظر از نوع روغن پایه روانکار، عبارتست از شرایطی که سبب تغییر حالت سیال و در پی آن جلوگیری از تشکیل فیلم موثر می شود. مقاله حاضر به معرفی موادی می پردازد که به صورت خالص یا افزودنی در روانکارها از سایش و اصطکاک سطوح در شرایط حاد جلوگیری می کنند. با توجه به اینکه این مواد که در بیشتر موارد به صورت جامد به کار می روند با نام روانکارهای فیلم جامد یا فیلم خشک شناخته می شود.

انواع شناخته شده این مواد افزودنی عبارتند از:

- دی سولفید مولیبدنیوم (MoS_2) ، که با نام مولی شناخته می شود.
 - پلی تترافلوئورو اتیلن (PTFE) ، که با نام تجاری تفلون شناخته می شود. گرافیت، نیتريد بُرُن، تالک، فلوراید کلسیم، فلوراید سدیم، دی سولفید تنگستن.
- کارشناسان روانکاری ماشین آلات معتقدند در میان مواد نام برده شده موادی همچون گرافیت، مولی و تفلون معتبرترند. مولیبدن و گرافیت از سنگ معدن استخراج می شوند و تفلون که توسط کمپانی دوپونت ساخته شده است امروزه به وسیله شرکت های مختلف تولید می شود که دارای موارد استفاده متفاوتی است.

روانکارهای فیلم خشک

روانکارهای فیلم خشک مواد جامدی هستند که میان سطوحی که با یکدیگر اصطکاک ایجاد کرده اند به کار می روند و باعث کاهش مقاومت اصطکاکی می شوند. هر کدام از این مواد خصوصیات متفاوتی دارند. موادی همچون دی سولفید مولیبدنیوم، گرافیت و دی سولفید تنگستن دارای ساختار شبکه ای کریستالی (Lamella) است که همراه با روانکارهای دیگر و یا به صورت مستقل به کار می روند و کاربرد وسیعی دارند.

پودرهای روانکاری Lamella به دلیل نیروهای برشی ضعیف میان لایه های کریستالی، مقاومت میان صفحات ورقه ای را کاهش می دهند. در بیشتر موارد استفاده از مولیبدنیوم در محیط های خشک از کارایی مناسبی برخوردار است.

ویژگی های روانکارهای خشک

موادی که در روانکاری خشک بکار می روند دارای خصوصیات متفاوتی هستند. ساختار دی سولفید مولیبدنیوم، گرافیت و دی سولفید تنگستن با مواد شوینده ناسازگار است. لایه های شبکه ای آنها همانند توده ای از صفحات نچسب است که با نیروی مماسی ضعیفی بر روی هم می لغزند. این مواد چه در شکل ورقه ای و چه در شکل لوله ای از نظر قدرت تحمل بار، از ظرفیت خوبی برخوردارند. البته MoS₂ و Ws₂ نسبت به گرافیت قدرت تحمل بار بالاتری دارند و به همین دلیل برای استفاده در شرایط خلاء مناسب تر هستند.

دی سولفید مولیبدنیوم

تا اواخر قرن هجدهم مولیبدن کشف نشده بود ولی نشانه هایی از بکارگیری ماده معدنی آن «مولیبدنیت» در دوران قدیم مشاهده شده است. (به عنوان مثال شمشیر ژاپنی که متعلق به قرن 14 میلادی است حاوی مقدار قابل توجهی مولیبدن است). در گذشته تمایزی میان مواد مشابه مانند سرب، گالنا و گرافیت داده نمی شد. به طور کلی واژه یونانی «Molybdos» که برای این دسته از مواد بکار می رفته است به معنای «سرب مانند» بوده است.

مولیبدن نخستین بار در سال 1778 توسط دانشمند سوئدی کارل ویلهلم شیل کشف شد، مدتی کوتاهی بعد از آن یعنی در سال 1782 «پیتر جاکوب» از طریق کاهش اکسید مولیبدنیت با کربن توانست به پودر فلزی سیاه رنگی دست یابد که آن را مولیبدنیوم نامید. در طول قرن نوزدهم زمانی که تکنولوژی استخراج آن به مقداری که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بود عملی شد، این ماده به صورت آزمایشگاهی باقی ماند. در سال 1891 شرکت فرانسوی اشنایدر، مولیبدنیوم را به عنوان یک عنصر آلیاژی در ذره های تولیدی خود بکار برد و به زودی مشخص شد که مولیبدنیوم جایگزین بسیار موثری برای تنگستن در آلیاژهای فولاد خواهد بود. این امر به دلیل دانسیته پایین آن نسبت به تنگستن است (دانسیته مولیبدنیوم کمی بیشتر از نصف دانسیته تنگستن است). MoS₂ در طبیعت به شکل رگه های جامد نازکی در گرانیات یافت می شود به همین دلیل برای دستیابی به خلوص مورد نظر در روانکاری می بایست مراحل فراوری مختلفی را

پشت سر بگذارد. این ماده دارای کریستالی 6 گوشه است که خصوصیت ذاتی برشی آنان بین مولکول های سولفور است و از آن جایی که هیچ اثری از بخار آب بین صفحات شبکه ای آن وجود ندارد، ماده مناسبی در شرایط خلاء بالا است (شرایطی که گرافیت جواب نمی دهد). محدودیت دمایی این ماده 600 درجه سانتیگراد است.

MoS₂ در دمای بالای 315 درجه سانتیگراد شروع به اکسید شدن می کند. البته در هوای خشک بدون اکسیژن تا دمای 700 درجه سانتیگراد می تواند به عنوان یک روانکار عمل کند. مواد حاصل از اکسیداسیون MoS₂ عبارتند از : MoO₃ و So₂. در کاربردهای فضایی در شرایط محیطی خاص استفاده از این ماده به جای گرافیت و یا دی سولفید تنگستن ترجیح داده می شود. البته ضریب اصطکاک MoS₂ بیشتر از گرافیت است.

گرافیت

اولین نشانه های استفاده از گرافیت مربوط به اواسط قرن شانزدهم است. هنگامی که از گرافیت برای ساخت مداد استفاده می کردند. گرافیت، شکل کریستالی و نرم کربن است و دارای رنگ خاکستری مایل به سیاه، کدر همراه با جلای فلزی است.

به طور طبیعی این ماده در سنگ های دگرگونی از قبیل مرمر و شیست یافت می شود و از آن جا که دارای خواص فلزی و نیمه فلزی است، در بسیاری از کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. خصوصیات فلزی این ماده شامل رسانش الکتریکی و گرمایی است و خصوصیات غیرفلزی آن عبارتند از خنثی بودن، مقاومت گرمایی بالا و لغزندگی. در میان کاربردهای عمده گرافیت می توان به استفاده از آن در روانکاری دمای بالا، جاروبک های موتورهای الکتریکی، باتری ها و پیل های سوختی اشاره کرد.

گرافیت نیز دارای ساختار کریستالی شبکه ای لایه ای (Lamella) است. به طوریکه پیوند بین اتم های کربن موجود در لایه ها، قوی تر از پیوندهای میان لایه هاست. گرافیت از کربن و بخار آب تشکیل شده است هر اتم کربن بوسیله 3 اتم کربن دیگر احاطه شده است. پیوند اتم های کربن در لایه ها به صورت حلقه های شش گوشه همانند حلقه بنزینی است. تا زمانی که در ساختار گرافیت رطوبت و بخار آب وجود داشته باشد خاصیت روانکاری خوبی (تا دمای 790 درجه سانتیگراد) از خود نشان می دهد. ماده حاصل از اکسیداسیون گرافیت Co₂ است.

بدیهی است گرافیت به دلیل وجود بخار آب که ساختار مولکولی خود نمی تواند در شرایط خلاء به عنوان روانکاری مناسب عمل کند.

انواع ترکیبات گرافیت و گرافیت خالص در سیستم های روانکاری خشک کاربرد وسیعی دارند که از میان آنها می توان به استفاده از این ماده در دستگاههای برش سریع، آزاد سازی قالب در صنایع پلاستیک و لاستیک، سرسیلندر، موتور اتومبیل ها اشاره کرد.

تفلون

مولکول زنجیره ای طویل و خطی پلی تترافلوئورواتیلن به طور اتفاقی توسط دکتر پلانکت در تاریخ 6 آوریل 1983 کشف شد.

دکتر پلانکت در آزمایشگاه شرکت دوپونت در حال کار بر روی گازهای منتسب به مبرد فرئون (Freon) و کنترل نمونه منجمد و فشرده تترافلوئورو اتیلن بود که مشاهده کرد این ماده به صورت خودبخودی و سریع به ماده جامد سفید رنگ پلیمریزه می شود که در واقع همان پلی تترا فلوئورو اتیلن (PTFE) با فرمول شیمیایی $[C_2F_4]$ است.

از آنجا که تفلون در مقابل خیس شدن مقاومت می کند هنگامی که به عنوان پوششی بر روی سطوح بکار می رود از خیس شدن سطوح جلوگیری می کند.

این ماده تقریباً نسبت به تمام مواد شیمیایی بی اثر است و به عنوان لغزنده ترین ماده موجود شناخته می شود. بگونه ای که ضریب اصطکاک دینامیک و ایستایی آن تقریباً برابر با یخ خیس بر روی یخ خیس است. این ماده که با نام تجاری تفلون توسط کمپانی دوپونت ثبت شده است امروزه به طور وسیعی در منازل کاربرد دارد. (پوشش ظروف و یا از بین برنده لک و رنگ از پارچه)

این ماده آب را جذب نمی کند و اسیدها، بازها و حلال های نرمال در دمای کمتر از 260 درجه سانتیگراد بر روی آن بی اثر است. به منظور دستیابی به خصوصیات مطمئن انواع پرکننده ها (Fillers) به PTFE اضافه می شوند. موادی مانند فایبرگلاس که سبب ایجاد مقاومت بالا در برابر سایش و اصطکاک پایین می شود.

به طور کلی روانکارهای فیلم جامد سبب تقویت ویژگی های روانکاری در بیشتر روانکارهای سیال با پایه نفتی، سنتتیک و معدنی در محدوده عملیاتی حاد و شدید می شوند.

Reference: Machinery Lubrication Magazine, march 2006