به نام خدا

جزوه درس یاتاقان و روغن کاری

جلسه اول و دوم

گروه مکانیک خودرو

آموزشکده فنی و حرفه ای خوارزمی

گردآورنده: محمد نظری

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

مروری بر روغن ها (Lubricants)

مقدمه

مروری بر اصطکاک (Friction)

- **عواملی که باعث پیدایش اصطکاک می شود :**

۱. درگیری سطوح متقابل دو جسم

۲. صیقلی نبودن یا مواج بودن سطوح

۳. جاذبه مولکولی بین دو جسم

- **عوامل مؤثر بر میزان اصطکاک**

۱. نوع سیستم اصطکاکی

۲. فشاری که بین دو سطح تماس ایجاد می شود

۳. جنس سطوح در حال تماس

۴. شرایط سطوح در حال تماس

انـــواع اصطکاک

الف) از نظر نوع حرکت اجسام نسبت به همدیگر :

۱ـ اصطکاک لغزشی ۲ـ اصطکاک غلتشی ۳ـ اصـطکاک مرکـب (ترکیبـی از اصطکاک لغزشی و غلتشی)

ب) از نظر کاربرد روغن :

۱ـ اصطکاک خشک ۲ـ اصطکاک نیمه تر ۳ـ اصطکاک تر

۴ـ اصطکاک بین مایعات

ج) از نظر نیروی لازم برای غلبه بر اصطکاک :

۱ـ اصطکاک استاتیکی ۲ـ اصطکاک جنبشی

در مجموع اصطکاک به پنج دسته تقسیم می شود :

۱. اصطکاک لغزشی خشک (Sliding Friction) : در این حالت بین دو سـطحی کـه روی هم می‌لغزند، هیچ گونه روغنکاری نداریم و نیروی لازم در این نوع اصطکاک معمولاً بیشترین مقدار است. انرژی تلف شده نیز در این نوع اصطکاک بیشترین مقدار است.

۲. اصـطکاک غلتشـی (Rolling Friction) : انـرژی تلـف شـده در ایـن نـوع اصـطکاک تقریباً صفر است.

۳. اصطکاک نیمه تر یا مرزی (Boundary Friction) : در این حالت لایه نازکی از روغـن پوشش و حفاظی روی سطوح درگیر به وجود آورده است.

۴. اصطکاک تر یا مجزا (Mixed Film Friction) : در این حالت دو سطح به وسیله لایه روغن از یکدیگر جدا می شود. بار یا فشار اضافی این حالت را به اصطکاک نیمه تر نزدیک می کند.

۵. اصطکاک بین مایعات (Fluid Film Friction) : در این حالت لایه روغن به اندازه کافی بزرگ است به طوری که دو سطح را کاملاً از یکدیگر جدا می کند و اصطکاک فقط ناشی از لزجت روغن است که تابعی از دما و فشار روغن است.

پارامترهای تعیین کننده برای تشخیص میزان اصطکاک

۱. درجه حرارت تولید شده

۲. میزان سایش در اجسام جامد

۳. نیرو با توان لازم برای ادامه حرکت

۴. راندمان مکانیکی

۵. افت فشار در طول معینی از مسیر جریان

انـــــواع ساییدگی

۱. ساییدگی حاصل از درگیری (Adhesive Wear)

۲. ساییدگی حاصل از خراش دهی (Abrasive Wear) : بعضی از مواد به غیر از سختی و نرمی سایش ایجاد می کنند مانند آلومینیوم.

۳. ساییدگی حاصل از خوردگی شیمیایی (Corrosive Wear)

۴. ساییدگی حاصل از خستگی (Fatique Wear) : تـنش هـای نوسـانی باعـث تضـعیف ساختمان مولکولی شده و گسستگی خستگی به وجود می آورد.

۵. ساییدگی حاصل از لـرزش (Fretting Wear) : از انتخـاب سـختی برنیـل نامناسـب و حرکت خفیف لرزش ناشی می شود.

۶. ساییدگی های متفرقه (خوردگی ضربه ای الکترولیز و حلالیت) :

- برخورد ذرات ریز با سرعت زیاد به سطح فلزات باعث خرابی می شود.
- الکترولیز در اثر جریان الکتریسیته یا الکتریسیته ساکن به وجود می آید.
- بعضی از مواد در بعضی از روغن ها حل می شود.

روغن

روغن : هر چیزی که بتواند اصطکک را کاهش دهد یـا باعـث روانسـازی شـود، روغـن نامیـده می‌شود.

اهم وظایف روغن های روانســـــاز

۱. **روانکاری** : به حداقل رساندن اصطکاک و ساییدگی قطعات، بـا تشـکیل لایـه روغـن بـا ضخامت مناسب بین قطعات متحرک.

۲. **انتقال حرارت** : انتقال حرارت ایجاد شده از سطوح مـورد نظـر و خنـک کـردن قطعـات متحرک.

۳. **ضربه گیر** : یکی از ویژگی های مهم روغن، گرفتن ضربات در حین انجام اعمال مکانیکی بر روی قطعات است. بدین صورت که روغن از تأثیر ضربه های قطعات بر روی یکدیگر جلوگیری می کند. (نقش میرا کنندگی را دارد.)

۴. **حفاظت از سطوح** : روغن های روانساز باید بتوانند سـطوح قطعـات فلـزی را در مقابـل زنگ زدگی و خوردگی شیمیایی محافظت کنند.

۵. **آب بندی** : مثلاً روغن موتـور بـا تشـکیل لایـه ای از روغـن بـین پیسـتون و سـیلندر در موتورهای احتراق داخلی از فرار گازهای متراکم جلوگیری می کند.

۶. **انتقال ذرات** : روغن های روانساز باید بتواننـد ذرات ناشـی از قطعـات و مـواد ناشـی از تجزیه روغن و سوخت را به صورت معلق نگه داشته و با خود حمل کنند.

۷. **انتقـــال نیرو** : روغن های روانسـاز در بعضـی از مـوارد نقـش انتقـال نیـــرو را نیـز بـه عهده دارند.

Edited with **Infix PDF Editor**
- free for non-commercial use.

To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

جلسه

دوم

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.

To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

خصوصیات فیزیکی روغن های روانساز

۱. لزجت (viscosity) : مقدار مقاومتی است که روغن به علت اصطکاک داخلی مولکول های آن در مقابل جاری شدن از خود نشان می دهد. لزجت روغن با دما تغییر می کند و هر چه روغن گرم تر شود مقدار آن کمتر می شود. (میزان لزجت هر سیال با تغییرات دما، رابطه معکوس دارد : $\mu\ \alpha \frac{1}{T}$)

$$\tau = \mu \times \frac{\partial u}{\partial y} \rightarrow \mu = \frac{\tau\left(\frac{kg}{m.s^2}\right)}{\frac{\partial u}{\partial y}\left(\frac{\frac{m}{s}}{m}\right)} \rightarrow \mu\left(\frac{kg}{m.s}\right) \text{ یا } (Pa.s)$$

$$v = \frac{\mu\left(\frac{kg}{m.s}\right)}{\rho\left(\frac{kg}{m^3}\right)} \rightarrow v\left(\frac{m^2}{s}\right)$$

$$1Poise = 1\frac{g}{cm.s}$$

$$= 0.1Pa.s\left(1Pa.s = 10Poise \xrightarrow{\div 1000} \frac{1}{1000}Pa.s\right.$$

$$\left. = \frac{10}{1000}Poise \rightarrow 1mili\ Pa.s = 1centi\ Poise\right) 10\ Poise$$

$$= 1\frac{kg}{m.s} = 1\ Pa.s$$

واحد μ در سیستم انگلیسی رین (Reyn) است.

$$1\ Reyn = 1\ psi.s$$

$$1centi\ Poise = 1.45 \times 10^{-7} Reyn$$

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

$$1Pa.s = 1.45 \times 10^{-4} Reyn$$

۲. شاخص لزجت (viscosity Index) : عددی است که اثر تغییر دما بـر لزجـت را نشـان می‌دهد. هر چه شاخص لزجت روغنی بزرگ تر باشد، در اثر تغییر دما تغییرات لزجت آن کمتر است.

لزجت روغن ها را در ۱۰۰ $^{\circ}F$ و ۲۱۰ $^{\circ}F$ اندازه گیری می کنند. اگر کاهش لزجت در ۲۱۰ $^{\circ}F$ کم باشد به عنوان روغن مرغوب و اگر زیاد باشد به عنوان روغن نامرغوب شناخته می شـود. از انواع روغن های موجود ۱۲۱ جفت روغن مشخص شده است که هـر جفـت از آن هـا در دمـای ۲۱۰ $^{\circ}F$ دارای لزجت یکسان هستند.

شاخص لزجت روغن مرغوب را ۱۰۰ و شاخص لزجـت روغـن نـامرغوب را صـفر در نظـر می‌گیرند. اگر بخواهیم شاخص لزجت یـک روغـن را تعیـین کنـیم لزجـت آن را در ۲۱۰ $^{\circ}F$ اندازه‌گیری کرده و معلوم می کنیم لزجت آن با کـدام یـک از ۱۲۱ جفـت روغـن در ۲۱۰ $^{\circ}F$ برابر است. لزجت این روغن را در ۱۰۰ $^{\circ}F$ هم اندازه گیری می کنیم و در نمودار مربوط ایـن نقاط را مشخص می کنیم.

شاخص لزجت این روغن، از رابطه زیر به دست می آید :

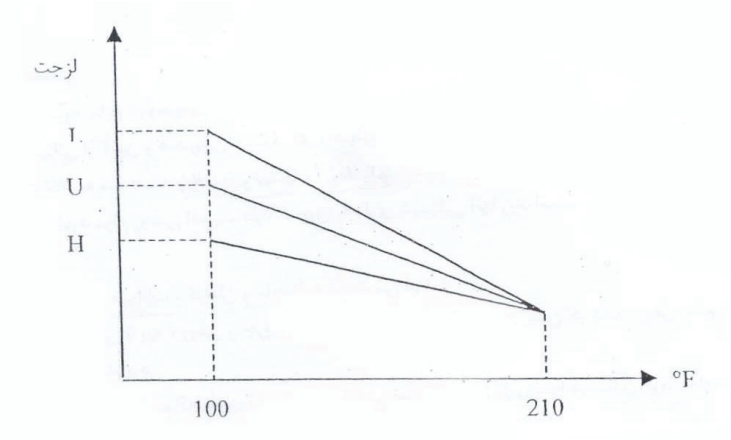
$$viscosity\ Index = \frac{L-U}{L-h} \times 100\%$$

L : لزجت نامرغوب ترین روغن در ۱۰۰ $^{\circ}F$

H : لزجت مرغوب ترین روغن در ۱۰۰ $^{\circ}F$

U : لزجت روغن مورد آزمایش در ۱۰۰ $^{\circ}F$

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm



۳. اصطلاح روغن های چند درجه ای (Multy Grade) : برای روغن های موتور به دلیل شاخص لزجت بالای آن ها می باشد. بدین ترتیب که این روغن ها به گونه ساخته می شوند که ضمن دارا بودن لزجت مناسب در دماهای بالا سیالیت کافی در دماهای پایین نیز از خود نشان می دهند.

۴. نقطه ریزش (Pour Point) : پایین ترین دمایی است که روغن سرد شده تحت شرایط استاندارد جریان می یابد و هنوز سیال است.

۵. نقطه اشتعال (Flash Point) : پایین ترین دمایی است که در آن روغن به اندازه کافی به بخار تبدیل می شود و با هوا یک مخلوط قابل اشتعال می سازد. به طوری که با نزدیک کردن شعله در یک لحظه مشتعل شده و سپس خاموش می گردد. این آزمون برای اندازه گیری فرار بودن و میزان حساسیت در مقابل آتشگیری صورت می گیرد.

۶. نقطه احتراق (Fire Point) : پایین ترین دمایی است که در آن روغن به اندازه ای بخار تولید می کند که با نزدیک کردن شعله مشتعل شده و این اشتعال مدتی ادامه می یابد.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

۷. وزن مخصوص نسبی : نسبت وزن مخصوص روغن به وزن مخصوص آب در دمای معین می‌باشد. (γ نسبی $= \frac{\gamma lubricant}{\gamma \text{Water}}$)

ویژگی های روغن های روانساز

۱. دارای لزجت مناسب و ضریب اصطکاک کم می باشد و قابلیت روانکاری قسمت های مختلف دستگاه را به خوبی داشته باشد.

۲. در مقابل حرارت مقاوم باشد و اکسیده نشود.

۳. خاصیت پاک کنندگی مناسب داشته باشد و پس از کار مداوم و حرارت زیاد مواد لجنی و رسوبات در لابلای قطعات تشکیل ندهد.

۴. دارای شاخص لزجت بالا باشد.

۵. با ایجاد لایه نازکی روی سطوح متحرک که با یکدیگر در تماس هستند، می توان از ساییدگی و فرسودگی آن ها جلوگیری کرد.

۶. در حین عملیات ایجاد کف نکند.

۷. زنگ زدگی و خوردگی مواد شیمیایی بر روی قطعات را کنترل می نماید و با قطعات لاستیکی و پلاستیکی آب بندی و سازگاری کامل دارد.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

انـــواع روغن ها

۱. روغن های گازی : از گازهایی مانند هوا، هلیم، هیدروژن و ازت برای روانکـاری اسـتفاده می‌شود. در یاتاقان های ژیروسکوپ یا در یاتاقان های کفگرد برخی توربین های عمـودی و دهانه چرخان تلسکوپ های بزرگ از روغن های گازی اسـتفاده مـی شـود. در روغـن های گازی ضریب اصطکاک به حدود صفر می رسد با تغییر دمای گازهـا، لزجـت آن هـا تغییر چندانی ندارد و گازها در مقابل تابش چندان تأثیرپذیر نیستند و می توان از آن ها در تجهیزات اتمی استفاده کرد و دانسیته آن ها خیلی کم است و در سرعت های بالا مناسـب تر از روغن های مایع هستند.

۲. روغن های مـــایع

الف) روغن های معدنی :

مهمترین روغن های گروه مایع، روغن های معدنی هسـتند کـه از نفـت خـام مشـتق مـی شوند.

مشتقات نفتی ترکیباتی از کربن و هیدروژن هستند که به هیدروکربورها موسومند.

اجزاء اساسی نفت خام به سه دسته پارافین ها و نفتنها و آروماتیک ها تقسیم می شوند.

که دو دسته اول در مورد مواد روغنی اهمیت دارند چون پایـداری شـیمیایی آن هـا زیـاد است.

ب) روغن های ثـــابت :

موادی هستند که از چربی حیوانات، گیاهان و ماهی ها به دست می آیند.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

می توان از روغن های حیوانی (پیه، روغن و چربی خوک) و از روغن های گیاهی (روغن کرچک، روغن تخم کلم و روغن نخل) و از روغن های ماهی های (روغن سر نهنگ) را نام برد.

این روغن ها را از آن رو ثابت گوییم که بدون تجزیه شدن تبخیر نمی شوند. این روغن ها در مقابل گرما مقاومند ولی در برابر سرما به صورت جامد (پیه) در می آیند.

بعضی از روغن های ثابت با اکسیژن موجود در هوا ترکیب شده و خشک می شوند، که آن ها را روغن های خشک شونده گویند. این روغن ها (مانند بذر کتان) در صنایع رنگ سازی کاربرد دارند.

نوع دوم روغن های ثابت، روغن های خشک نشو هستند که در روغن کاری به کار می روند.

عدد یدی : درجه تمایل روغن به جذب اکسیژن و خشک شدن را با عددی به نام عدد یدی مشخص می سازند.

عدد یدی مقدار گرم های یدی است که به سویله صد گرم روغن تحت شرایط آزمایش جذب می شود. هر چه این عدد بزرگ تر باشد خاصیت خشک شوندگی روغن بیشتر است.

روغن های ثابت از اسیدهای چرب و الکل ها تشکیل شده اند.

روشی وجود دارد که طی آن اسیدهای چرب آزاد و ترکیب شده در روغن را اندازه گیری می‌کنند. این روش را صابونی کردن گویند و عدد مربوط به آن را عدد صابونی گویند.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

عدد صابونی : مقدار میلی گرم های هیدروکسید پتاسیمی است که یک گرم روغن را تحت شرایط خاص آزمایش صابونی می کند هر چه این عدد بزرگ تر باشد، مقدار خالص جزء اصلی (پایه) موجود در روغن بیشتر است.

ج) روغن های مصنوعی :

روغن های معدنی بعضی مواقع جوابگوی احتیاجات روغنکاری مورد نظر نیستند. برای تکمیل تر شدن روغن های معدنی، با تغییر اندازه بعضی از مولکول ها به وسیله جایگزین کردن گروهی از اتم ها به جای اتم های دیگر خواص روغن تغییر می کند. بعضی از این خواص لزجت، فشار بخار، پایداری در برابر حرارت و مقاومت در برابر آتش می باشد. به این روغن ها، روغن های مصنوعی گفته می شود.

روغن های مصنوعی که در صنعت بیشتر مصرف می شوند عبارتند از : سیلیکون ها، پلی‌گلیکول ها، فسفات استرها و سیلیکات استرها.

از روغن های مصنوعی در محیط های ریخته گری، جوشکاری، نورد نسوزکاری و فرزکاری استفاده می شود.

د) روغن های مایع فلـــزی :

از این روغن ها در محیط های گرم مانند سفینه های فضایی ($^{\circ}F$ ۱۵۰۰ – ۴۰۰) یا رآکتورهای اتمی برای روغن کاری یا خنک کردن استفاده می شود.

۳. روغن های جامد : این روغن ها در شرایط سخت کاری از نظر دما، بار، مکش و تشعشات اتمی استفاده می شود.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

دمای زیاد باعث اکسیداسیون یا حتی تبخیر روغن می شود و دمای کم باعث یخ زدن روغن می‌شود.

روغن های جامد گاهی به صورت خشک به کار می روند ولی اغلب به عنوان افزوده در روغن و گریس مورد استفاده قرار می گیرند.

روغن های جامد مثل گرافیت یا دی سولفید مولیبدن در محیط هایی با دمای بالا مثل یاتاقان های نورد کوره ها به کار می روند.

تفلون (پلی تترافلوئور اتیلن PTEE) ضریب اصطکاک کم و مقاومت زیاد در برابر بار (تا حدود ۵۰ kpsi) دارد و در مقابل سایش مقاوم است و به عنوان روکش سطوح بدون روغن به کار می‌رود.

گریس ها

گریس ها روغن هایی با لزجت پایین هستند که با ذرات جامد تغلیظ شده اند.

با ترکیب روغن های معدنی و صابون، می توان گریس به وجود می آورد.

صابون ها از تریب اسیدهای چرب و هیدروکسیدها ایجاد می شوند.

گلیسرین + صابون معمولی ⟶ سود سوز آور + استارین گلیسیرین

صابون ⟶ هیدروکسید + اسیدهای چرب

گریس ⟶ روغن معدنی + صابون

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

هر چه صابون بیشتری به روغن اضافه شود، گریس سفت تر می شود.

یکنواخت بودن، حلال بودن و سفت بودن، شکل ظاهری، رنگ و کلاً خواص فیزیکی بستگی به صابون مورد استفاده دارد.

انـــــواع گریس ها

۱. گریس جامد : گریس های جامد معمولاً برای جاهایی که بار ضربه ای یا بار زیـاد وجـود دارد. مثل اکسل اتومبیل به کار می رود.

۲. گریس های نیمه مایع : در جاهایی که نخواهند روغن استفاده کنند و بار تا حدودی وجود دارد و باید حرکت به راحتی امکان پـذیر باشـد ماننـد بلبرینـگ هـا و رولربرینـگ هـا از گریس‌های نیمه مایع استفاده می کنند. در این موارد آب بندی برای روغن مشـکل اسـت. اما برای گریس ساده است. معمولاً برای آب بندی روغن از نوار نمدی استفاده نمی کنند.

معمولاً اگر درجه حرارت از $^{\circ}F$ ۲۰۰ بیشتر شـود گـریس مطلـوب نیسـت و از روغـن اسـتفاده می‌کنند.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

مـــزایای استفاده از گریس

۱ . با استفاده از گریس تعداد دفعات روانکاری کمتر می شود.

۲ . راندمان بالاتر در فشـــار بالا

۳ . منتفی شدن چکه و نشتی از قطعات

۴ . روانکاری ساده تر دستگاه ها با گریس

۵ . راحتی استفاده از گریس ها

معـــایب گریس ها

۱. عدم خنک کنندگی گریس ها

۲. نداشتن خاصیت پاک کنندگی

۳. از گریس ها در حداکثر دمای $۲۰۰^{\circ}\mathrm{F}$ استفاده می شود زیـرا گـریس هـا در دماهـای بـالا تجزیه‌می شود.

۴. در سرعت های بالا از گریس ها استفاده نمی شود. زیرا لزجت گریس ها بسیار زیاد است و هنگامی که سرعت زیاد می شود تنش برشی بسیار زیاد می شود. $\left(\mathrm{T} = \mu \frac{\partial u}{\partial \mathrm{y}}\right)$

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

انـــواع گریس ها از نظر رنگ

خاکستری، قهوه ای، سیاه، شفاف، کدر، لیمویی، سبز روشن و ... البته هیچ رنگـی مزیتـی بـر دیگـری ندارد.

سفت بودن یا شل بودن گریس به میزان صابون و نوع پایه روغن مورد استفاده بـرای سـاختن گریس بستگی دارد.

انـــواع گریس های متـــــداول

گریس لیتیم، گریس سدیم، گریس کلسیم، گریس آلومینیوم، گریس کلسـیم و سـرب، گـریس لیتیم و سرب، گریس گرافیت، گریس کلسیم کمپلکس.

افزودنی ها

افزودنی ها موادی هستند که به روغن یا گریس اضافه می شود تا خواص دلخواه در روغن یا گریس به وجود آید.

عمده افزودنی هایی که در صنعت روغن کاری داریم عبارتند از :

۱. افزودنی ضد اکسید شدن روغن
۲. افزودنی پاک کننده و معلق کننده
۳. افزودنی تحمل کننده فشار زیاد
۴. افزودنی سست کننده نقطه روانی روغن (نقطه ریزش)

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

۵. افزودنی ضد کف

۶. افزودنی ضد خوردگی

۷. افزودنی ضد آتش سوزی

۸. افزودنی ضد سایش

۹. افزودنی بالا برنده شاخص لزجت

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.

To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

دانشجویان عزیز درصورت داشتن هرگونه سوال و اشکال می توانید از طریق ایمیل

mohammad_nazari63@yahoo.com

بابنده در تماس باشید.

Edited with Infix PDF Editor
- free for non-commercial use.
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm