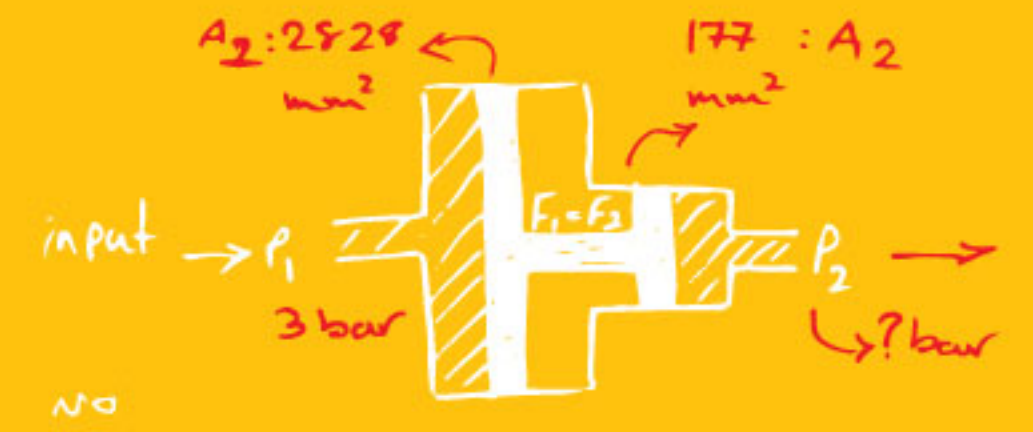
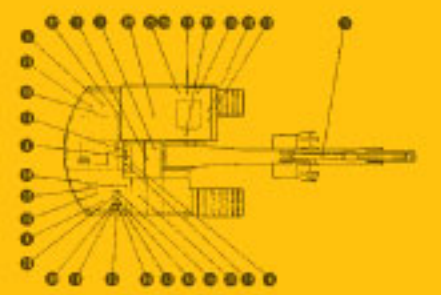
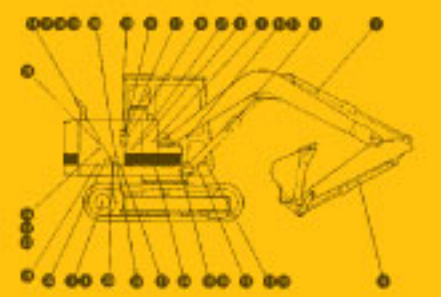
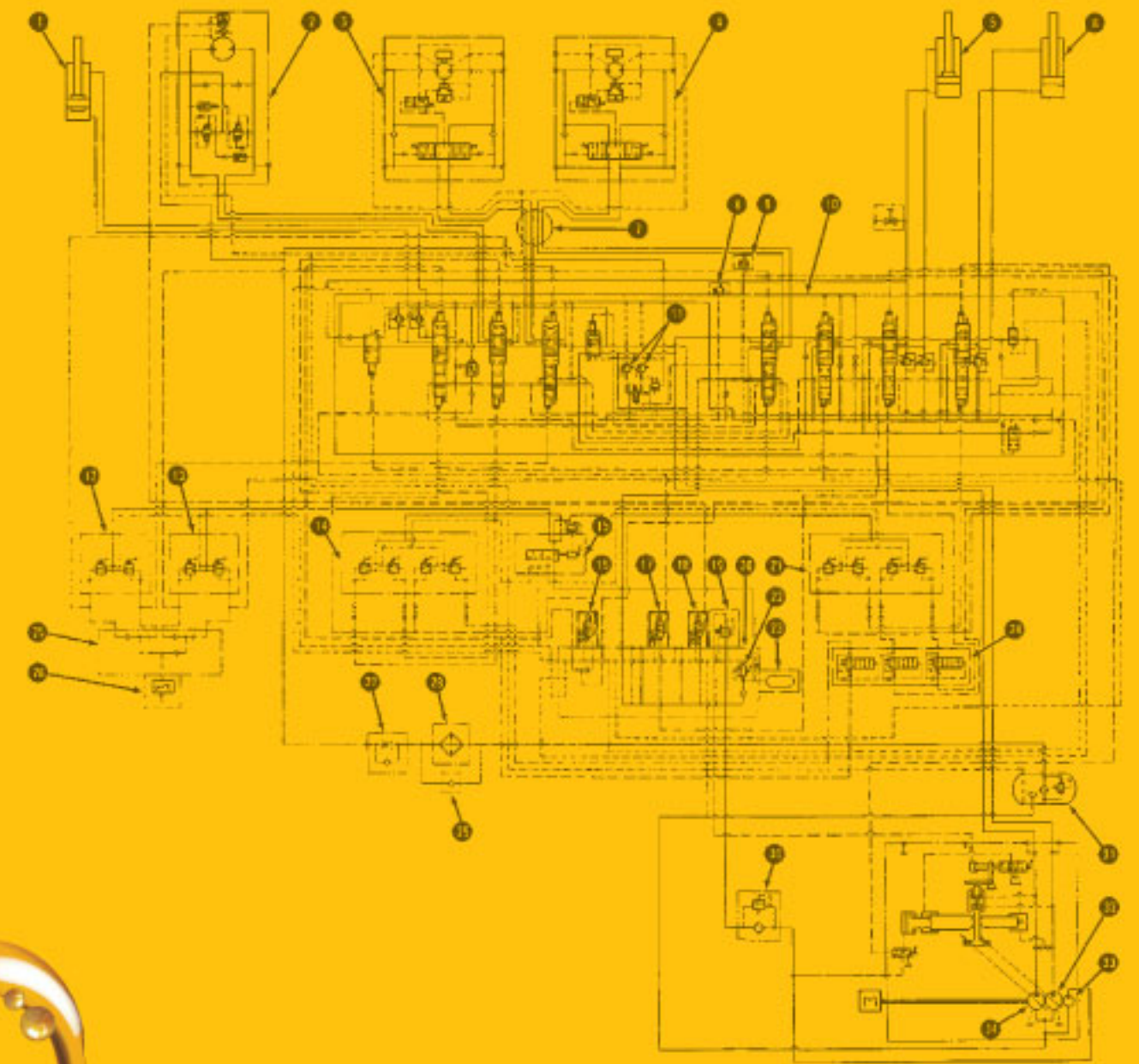


$P_{bar} = F/A_{cm^2}$ and $1\text{ bar} = 9.81\text{ N/cm}^2$
 $F_2/F_1 = A_2/A_1 = s_1/s_2$

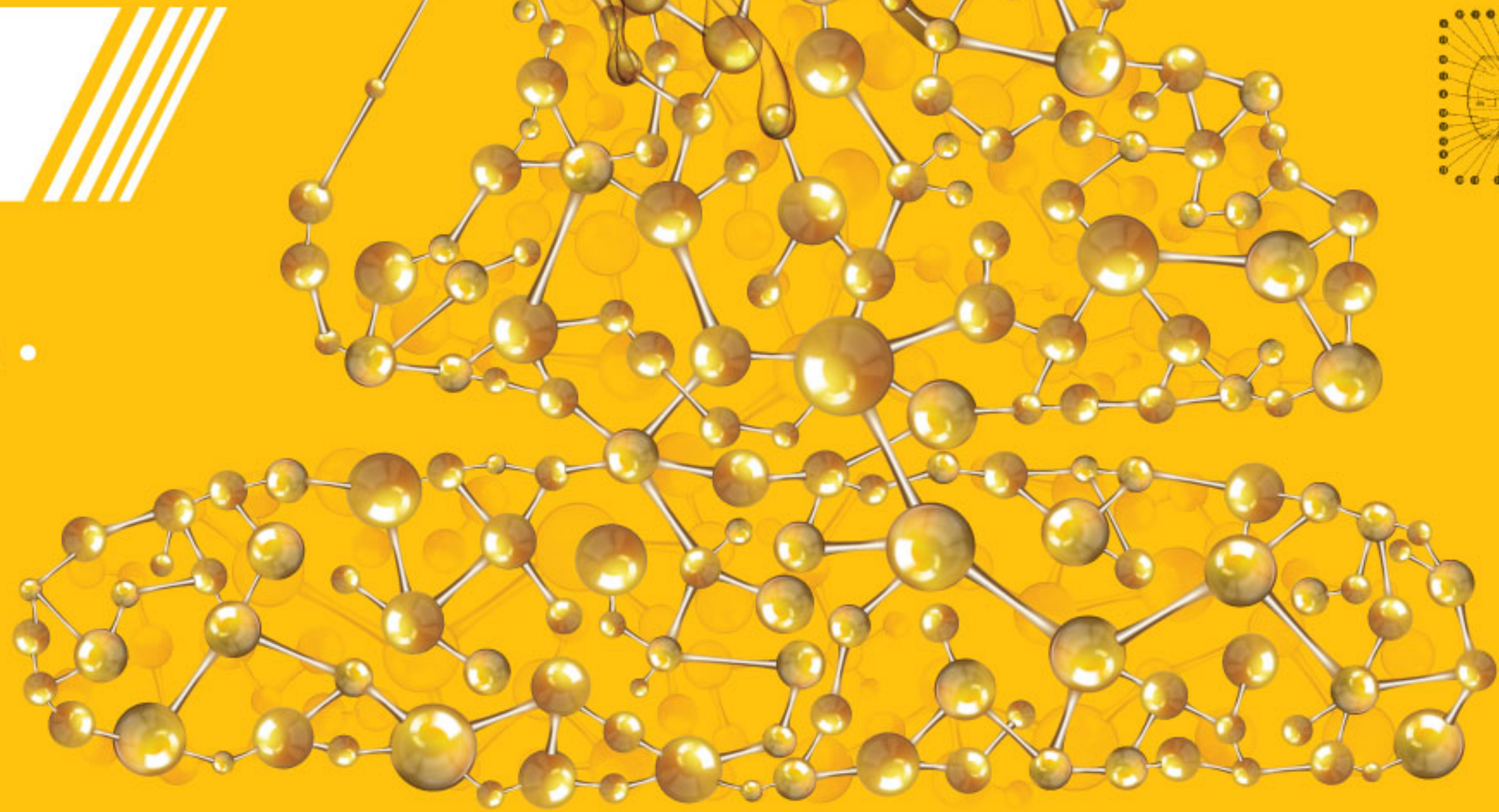


$F_1 = F_2 \rightarrow P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \rightarrow \frac{3}{P_2} = \frac{177}{2828}$
 $P_1/P_2 = A_2/A_1$ **$P_2 \approx 48\text{ bar}$**



اصول و مفاهیم سیالات هیدرولیک

- گرانروی روغن
- پایداری برشی و اهمیت باقی ماندن در درجه گرانروی
- بیست و چهارمین نمایشگاه بین المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی
- مسئولیت اجتماعی
- اخبار





از تمامی دوستانی که در امر بازسازی مدارس آسیب دیده
از سیل استان لرستان با ما همراه بوده‌اند
سپاسگذاریم..



مجله علمی، تخصصی

افزون روان

شماره نهم | سال هفتم | تابستان ۱۳۹۸



مجله علمی، تخصصی افزون روان

دوفصلنامه‌ی سراسری

شماره نهم، سال هفتم، تابستان ۱۳۹۸

شماره ثبت: ۸۵۲۱۵

سردبیر:

محمد مهدی کریم

مسئول هماهنگی:

امیر حسین ثقفی

ویراستار:

مریم محلاتی

نویسندگان:

سحر ملک پور، امیر حسین ثقفی، محمد مهدی کریم،

دکتر مسعود حیدری، سید عماد طباطبائی، امین برمایون

صفحه چینی و گرافیک:

مهسا طباطبائی، منصوره آقایی

لیتوگرافی و چاپ:

چاپ سپید

آنچه در این شماره می خوانید :

سخن نخست

صفحه ۲

مسئولیت اجتماعی

صفحه ۳

پایداری برشی و اهمیت باقی ماندن در درجه گرانیروی

صفحه ۶

گرانیروی روغن | بخش یکم

صفحه ۱۰

اصول و مفاهیم سیالات هیدرولیک | بخش یکم

صفحه ۱۳

بیست و چهارمین نمایشگاه بین المللی

صفحه ۲۷

نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی

صفحه ۲۷

اخبار

صفحه ۲۸



ایران، تهران، خیابان پاسداران، چهار راه فرمانیه
خیابان شهید جهانبخش نژاد، پلاک ۱۰، واحد ۵۲
تلفن: ۰۲۱-۲۳۵۵۹۹۹۹ | فکس: ۰۲۱-۲۳۸۰۴۴۵۸
www.afzoonravan.com
info@afzoonravan.com





● سحر ملک پور
کارشناس روابط عمومی شرکت افزون روان

مسئولیت اجتماعی سازمان چیست؟

مسئولیت اجتماعی سازمان (CSR)^۱، مسئولیت شرکت در قبال جامعه، افراد و محیطی است که سازمان در آن فعالیت می‌کند و این مسئولیت از ملاحظات اقتصادی فراتر می‌رود. به زبان ساده‌تر، مسئولیت اجتماعی سازمان، فعالیت‌هایی است که پیش‌برنده‌ی منفعت اجتماعی بوده و فراتر از منافع سازمان و آن چیزی است که قانون لازم می‌داند. هدف بنیادی CSR، در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است و خلق ارزش مشترک بین شرکا، مشتریان، جوامع (مردم)، رقبا، سرمایه‌گذاران، کارکنان دولت و محیط زیست است.

در صورتی که یک شرکت به مسئولیت‌های اجتماعی خویش پایبند باشد، منافع حاصل از فعالیت‌های آن، علاوه بر خود سازمان و خریداران، به اجتماع نیز می‌رسد. به عبارت دیگر، این بازی سه برنده دارد: فروشنده، خریدار و اجتماع.

مسئولیت اجتماعی در ایران

مقوله‌ی CSR در ایران، بحثی کاملاً جدید است و حتی در میان شرکت‌های بازار سرمایه کشور که سهامدار عام دارند، هنوز وارد ترازنامه‌ها و فعالیت‌های مالی و اقتصادی و فرهنگی و اطلاع‌رسانی آنان نشده‌است. این موضوع برای ما مفید می‌باشد چرا که می‌توانیم با مسئولیت اجتماعی برای ارتقای نام تجاری خود استفاده کنیم.

بدون تعارف، در کشورهایی که به‌لحاظ توسعه‌یافتگی اقتصادی و اجتماعی در سطح مطلوبی به‌سر نمی‌برند، پرداختن به سطح بالاتری از نیازها (مطابق نظریه مازلو) مشمول قشر محدودتری از جامعه می‌گردد. مسئولیت اجتماعی در کشورهای در حال توسعه بسته به شرایط اجتماعی و ملی تفاوت دارد. برای مثال در مالزی، عقاید مذهبی شرکت‌ها تا اندازه‌ای توانسته شرکت‌ها را (خصوصاً در اعیاد مذهبی) به سمت ایفای این دست از مسئولیت‌ها سوق دهد. در حالی که در آفریقای جنوبی، این تمایل را در توانمندسازی سیاهان مشاهده می‌کنیم.

مسئولیت اجتماعی در افزون روان

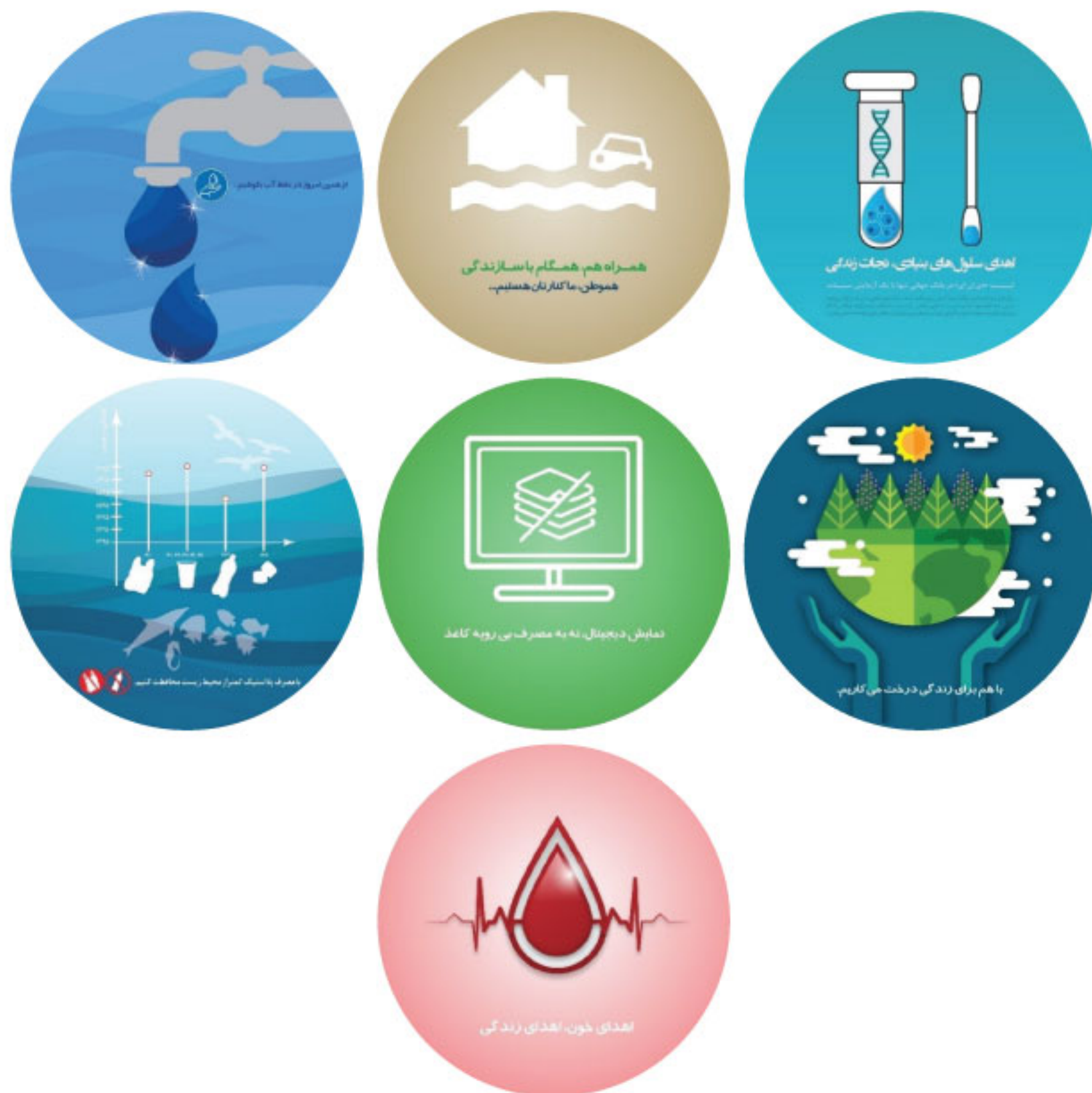
هرچند سهام‌داران شرکت افزون روان به دلیل علائق و عقاید شخصی همواره به امور خیریه توجه داشته‌اند، لیکن اولین بار در ۱۳۹۳ موضوع مسئولیت اجتماعی در سازمان طرح شد و به این فکر افتادیم که ما نیز در قبال جامعه مسئولیت‌های مهمی داریم. به همین منظور اقدام به ایجاد فرهنگ سازمانی CSR نمودیم. این اقدامات از کارهای کوچک ولی مهم آغاز شد تا پس از ۵ سال ممارست کاملاً به فرهنگ سازمانی ما رسوخ پیدا کرده است. آنچه در ادامه می‌آید، اقداماتی است که تاکنون در راستای تأمین منافع ذینفعان، اجتماع و محیط زیست صورت گرفته است.

در تابستان ۱۳۹۴ که گرمای شدید هوا، خصوصاً در مناطق جنوبی باعث کمبود برق در سراسر کشور شده بود، تصمیم گرفتیم تمام توان خود را برای کاهش مصرف برق به‌کار گیریم و با همدلی پرسنل، علاوه بر این که دمای محیط اداری را ۲ درجه زیاد کردیم، تمامی لامپ‌های کم مصرف را با لامپ‌های LED تعویض نمودیم. این اقدامات باعث شد تا مصرف برق اداری

به نصف کاهش پیدا کند.

به مرور زمان این صرفه‌جویی را با روی آوردن به مکاتبات الکترونیکی برای صرفه‌جویی در مصرف کاغذ تسری دادیم و یکدیگر را به صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش مصرف پلاستیک و همچنین تفکیک زباله تشویق کردیم.

گام بعدی ما اهدای خون بوده است. ما در شرکت افزون روان و گروه افزون سالی ۲ مرتبه به مرکز انتقال خون چیدر مراجعه می‌کنیم و در امر پسندیده‌ی اهدای خون شرکت می‌نماییم.



هنگامی که شنیدیم با یک آزمایش ساده می‌توانیم در بانک جهانی سلول‌های بنیادی عضو شویم تا در هر جایی از دنیا بتوانیم به بیماران سرطانی کمک کنیم، در سطح گروه، فراخوان دادیم و ۹۰٪ از همکاران در این طرح مشارکت کردند و نمونه‌ها از طریق خیریه‌ی محک^۲ جمع‌آوری شد.

هنگامی که زلزله کرمانشاه دل همه ایرانیان را به درد آورد، وظیفه خود دانستیم تا با کمک مالی و اهدای لوازم موردنیاز هموطنان آسیب‌دیده، باری از دوش ایشان برداریم.

یکی از اهداف هشتگانه‌ی ما در افزون روان، کمک به حفظ محیط‌زیست است. زمستان سال گذشته، در روز درختکاری، و برای داشتن زمینی سبز و هوایی پاک، تصمیم گرفتیم تا در یکی از پارک‌های محله‌ی گلاب‌دره هر یک از همکاران گروه یک درخت بکارند. با همکاری شورایاران، انجمن تمدن سبز و شهرداری تهران این کار را به نحو شایسته‌ای به انجام رساندیم و امید داریم که این فعالیت زیبا را هر ساله به انجام رسانیم.

۱- Corporate Social Responsibility (CSR)

۲- مؤسسه خیریه حمایت از کودکان مبتلا به سرطان



پارس آنلاین

همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز علمی و پژوهشی: گروه شرکت‌های پارس آنلاین همکاری و ارتباط نزدیکی با دانشگاه‌ها و مراکز علمی و پژوهشی کشور دارد. حمایت از رخدادهای و همایش‌های خاص دانشجویی، ارائه خدمات رایگان دسترسی به اینترنت به دانشگاه‌ها، حمایت از پایان‌نامه‌ها و تحقیقات دانشجویی و همکاری با سازمان سنجش آموزش کشور برای اعلام نتایج کنکورهای سراسری را می‌توان از جمله زمینه‌های همکاری پارس آنلاین با دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور نام برد. افزون بر این، جذب نیروهای دانش‌آموخته دانشگاه‌ها و مراکز علمی و آموزشی همواره مورد توجه گروه شرکت‌های پارس آنلاین بوده است.

همکاری با مدارس و نهادهای خیریه: حمایت از کودکان و نوجوانان به عنوان نسل سازنده فردای کشور مورد توجه پارس آنلاین بوده است. گروه شرکت‌های پارس آنلاین عضو بنیاد فرهنگ و دانش دانشگاه شریف است و برای بیش از ۱۰۰ مدرسه‌ای که بیشتر نیازمند توجه و حمایت جامعه هستند و توسط بنیاد یاد شده به سایت کامپیوتری مجهز گشته‌اند، ارتباط رایگان و دائم با اینترنت برقرار کرده است.

شاخص‌های ارزیابی

افزون‌روان تلاش کرده تا به سطح بالایی از شاخص‌های بین‌المللی دست پیدا کند که علاوه بر اجتماع، مسئولیت‌های خود را در قبال تمامی ذینفعان اعم از نیروی انسانی، مشتریان و رقبا ایفا کند. جدول زیر شاخص‌هایی است که تاکنون به آن دست پیدا کرده‌ایم.

نوروز امسال با بارندگی‌های غیرمنتظره‌اش، کام بسیاری از هموطنان را در استان‌های گلستان، لرستان و خوزستان تلخ کرد. این فاجعه‌ی طبیعی، آزمونی شد برای سنجش همدلی ما در گروه افزون. نهایتاً پویشی شکل گرفت که هریک از همکاران به انتخاب خودشان، مبلغی از حقوق خود را به این امر اختصاص دهند. شرکت نیز مبلغی برابر با مقدار جمع‌آوری شده اضافه نموده و در امر بازسازی مدارس که در سیل آسیب دیده بودند هزینه شد.

همچنین شرکت افزون‌روان تصمیم گرفت تا به ازای هر هدیه‌ای که در نمایشگاه بین‌المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی به مراجعین تقدیم می‌کند، یک میلیون ریال را به نیابت از ایشان برای این کار اهدا کند.

نمونه‌های دیگر در ایران

شرکت‌های متعددی در ایران توانسته‌اند به شکلی شایسته مسئولیت‌های اجتماعی خویش را شناخته و در راستای ایفای آن قدم بردارند که در اینجا به ذکر چند نمونه می‌پردازیم.

سامسونگ

پویش کودکان امید: کودکان نابینا و کم‌بینا برای پرکردن اوقات فراغت خود، مانند دیگر کودکان از امکانات رفاهی، تفریحی و ورزشی کافی برخوردار نیستند، اما سامسونگ با طرحی تلاش کرده تا این مشکل را رفع کند.

کودکان امید یکی از پروژه‌های مسئولیت اجتماعی سامسونگ است که در سه فعالیت جداگانه، موفق به تجهیز مدارس مناطق محروم به کلاس‌های هوشمند، راه‌اندازی کتابخانه‌های گویا برای نابینایان و کم‌بینایان و یک مرکز مهندسی با عنوان مرکز آموزش تخصصی برای اشتغال جوانان شده‌است.

شاخص	مسأله‌ی مرتبط با عملکرد مسئولیت اجتماعی
ایجاد محیط کار سالم و امن	سلامت و امنیت شغلی کارمندان
ایجاد مقدمات امنیت، سلامت و آموزش کارکنان	
بررسی منظم شیوه‌ی کار کارکنان	
بررسی منظم سلامت افراد و اعلام نتایج آن	
تخصیص زمان‌های کاری مناسب مبنی بر نوع کار	ساعات کار قانونی و زمان استراحت
ساز و کار برای مدیریت زمان‌های اضافه کار هفتگی و میانگین زمان کار	
انطباق با قوانین ساعت کاری	
آگاه سازی تمام کارکنان به مؤلفه‌های مختلفی که حقوقشان را تشکیل می‌دهد	حقوق و مزایا
عدم دیرکرد در پرداخت دستمزد و اختیارات مرتبط با آن در قرارداد کارمندان	
تضمین حقوق پایه مرتبط با حرفه	
فراهم کردن موقعیت‌های شغلی خوب و عادلانه	
با تمام کارمندان به صورت رسمی قرارداد بسته شود	استخدام کارکنان
از قوانین مرتبط با عدم استفاده از کار کودک پیروی شود	
مدیریت منابع انسانی شرکت دارای سیاست جذب و نگهداری کارمندان مجرب باشد.	
آموزش متناسب با شغل و همچنین آموزش ویژه OHS&W	
کارمندان به ارزش‌های سازمانی قوانین و مقررات مربوطه آگاه باشند	آموزش و تمرین
برنامه راهنمای شغلی برای کارمندان	
نماینده‌گی و مشارکت کارکنان در تصمیم‌گیری‌های شرکت	
کانال‌های اطلاعاتی مناسب برای اطلاع رسانی در مورد تغییرات شرکت به کارمندان	روابط هماهنگ بین مدیر و کارکنان
حمایت از کارمندانی که مشکلات شخصی را تجربه می‌کنند.	
کیفیت و ایمنی محصولات	
رضایت مشتری	شاخص ارزیابی مرتبط با مشتریان
فرهنگ خدمت به مشتری	
نوآوری و توسعه	
ترویج عملکرد مسئولیت اجتماعی	
افزایش ارتباط با تأمین‌کنندگان و شرکا	شاخص ارزیابی مرتبط با تأمین‌کنندگان و شرکا
حفظ روابط مناسب	
پرداخت مالیات	
پیروی از قانون	شاخص ارزیابی مرتبط با دولت
ایجاد فرصت‌های شغلی	
حفاظت از محیط زیست	
حفاظت از منابع و انرژی	شاخص ارزیابی مرتبط با تأمین‌کنندگان و شرکا
اخلاق‌مداری	
رقابت سالم	شاخص ارزیابی مرتبط با رقبا



• امیرحسین ثقفی
کارشناس واحد فنی گروه افزون

پایداری برشی و اهمیت باقی ماندن در درجه گرانی

Shear Stability
And Stay In Grade

مقدمه

به مقدار مورد نیاز برساند، باعث عدم روانکاری صحیح و در نتیجه ایجاد سایش در قطعات متحرک موتور می‌شود. پایداری برشی در روغن‌های سبک به علت کوچکتر شدن محدوده گرانی مجاز و ضخامت کم لایه‌ی روانکار از اهمیت بیشتری نسبت به روغن‌های سنگین برخوردار است. علت این موضوع کم بودن ضخامت ذاتی لایه‌ی روانکار این روغن‌هاست و با افت زیاد گرانی، این لایه از بین می‌رود و دیگر روانکاری صورت نمی‌گیرد. اما در روغن‌های سنگین با کاهش ضخامت لایه روانکار، روانکاری تا حدودی انجام می‌شود و این کاهش گرانی باعث از بین رفتن کامل لایه روانکار نمی‌شود.

در گذشته به علت محدودتر بودن فناوری تولید روغن، گاهی به دلیل ورود دوده و اکسایش، گرانی آن افزایش پیدا می‌کرد و این امر باعث پوشش دادن مقداری از افت گرانی ناشی از تنش برشی وارد به روغن از طرف موتور می‌شد. در صورتی که در روانکارهای جدید، داشتن نواک^۴ مناسب و عملکرد خوب نسبت به بازدارندگی اکسایش و ورود دوده، افت گرانی حاصل از تنش برشی بیش از پیش به چشم می‌آید. اگر در طراحی روغن به این مسئله دقت کافی نشده باشد، روغن از درجه خود خارج شده و دیگر وظیفه خود را به درستی انجام نمی‌دهد.

با توجه به اینکه گرانی روغن‌های موتوری در نسل‌های جدید خودرو روز به روز در حال سبک‌تر شدن است، پایداری برشی دارای اهمیتی بیش از پیش شده است. یک طراح روغن^۱ باید در حین طراحی کردن به الزامات آزمون موتوری Sequence VIII توجه کند تا بتواند درجه‌های^۲ سبک را به درستی طراحی کند.

اهمیت پایداری برشی

پایداری برشی نشان‌دهنده مقاومت پلیمر استفاده شده به عنوان بالابرنده گرانی^۳ در برابر شکست زنجیره‌ی آن بر اثر تنش‌های وارده از طرف موتور است. روغن در حین کار کردن موتور به طور دائم تحت تنش قرار می‌گیرد و به دلیل شکسته شدن زنجیره‌های پلیمر دچار افت گرانی می‌شود.

با توجه به رابطه‌ی مستقیم بین گرانی و ضخامت لایه‌ی روانکار، اگر پایداری برشی یک روغن کمتر از حد مطلوب باشد و در طول عمر مفیدش دچار افت گرانی بیش از حد مجاز شود و نتواند ضخامت لایه‌ی روانکار را

Base Stock in Original Test Oil	Interchange Base Stock				
	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
Group I	Not Required	Not Required	Not Required	Not Required	Required
Group II	Not Required	Not Required	Not Required	Not Required	Required
Group III	Not Required	Not Required	Not Required	≤ 30% Not Required ----- > 30% Required	Required
Group IV	Required	Required	≤ 30% Not Required ----- > 30% Required	Not Required provided the interchange Group IV meets the original manufacturer's specifications in all physical and chemical properties	Required
Group V	Required	Required	Required	Required	Required

جدول ۱ - BASE OIL INTERCHANGE برای SEQUENCE VIII

آزمون موتوری Sequence VIII

مواد اولیه مشابه در دو درجه مختلف طراحی شده باشند و یکی از آنها آزمون موتوری را گذرانده باشد، با توجه به دستورالعمل تغییرپذیری درجه روغن، اگر این دستورالعمل اجازه تغییر درجه از روانکار دارای تأییدیه به روانکار بدون تأییدیه با یک درجه دیگر را بدهد، می‌توان آزمون موتوری را برای روغن دوم تکرار نکرد. با این حال دستورالعمل‌های تعریف شده در آزمون موتوری Sequence VIII تنها برای تعمیم میزان خوردگی قابل استفاده است و این دستورالعمل‌ها نمی‌توانند پایداری برشی روغن را تعمیم دهند و هر نمونه باید به طور جداگانه مورد سنجش قرار بگیرد.

آزمون موتوری Sequence VIII از زمان معرفی ILSAC GF-3^۶ برای اندازه‌گیری پایداری برشی مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین به کمک این آزمون، عملکرد روغن را در محافظت از خوردگی یاتاقان‌های از جنس مس، سرب و قلع ارزیابی می‌کنند. مدت زمان این آزمون ۴۰ ساعت است. پس از گذشت ۱۰ ساعت از آزمون، مقداری نمونه از روغن کار کرده می‌گیرند. این نمونه باید در درجه گرانی خود باقی مانده باشد. این آزمون مانند تمامی آزمون‌های موتوری دیگر بسیار هزینه‌بر است. خصوصاً زمانی که می‌بایست چندین فرمولاسیون مختلف را بیازماییم و آزمون را در چند نوبت تکرار کنیم.

سازمان API^۷ برای کم کردن تعداد آزمایش‌های مورد نیاز و در نتیجه کاهش هزینه، دستورالعمل‌هایی برای طراحان روغن ارائه کرده است. تغییرپذیری روغن پایه^۸ دستورالعملی است که به طراح روغن اجازه تغییر روغن پایه را در شرایط مجاز این دستورالعمل بدون نیاز به تکرار آزمون موتوری می‌دهد.

دستورالعمل تغییرپذیری درجه روغن^۹ بدین معناست که اگر دو روانکار با

۱- Formulator

۲- Grade

۳- Viscosity Modifier

۴- Noack Volatility Test

۵- ASTM D6709

سطح کارایی روغن وسایل نقلیه عمومی که در سال ۲۰۰۱ معرفی شد - ۶

۷- American Petroleum Institute

۸- Base oil Interchange

۹- Read-Across

Table F-2—Groups I, II, III and IV Viscosity Read-Across: L-38/Sequence VIII Tests

Test Run on	5W-20	5W-30	10W	10W-30	10W-40	15W-40	15W-50	20W	20W-40	20W-50	30	40	50
5W-20	NA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5W-30	X	NA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10W	—	—	NA	—	—	—	—	X	—	—	X	X	X
10W-30	—	—	X	NA	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10W-40	—	—	X	X	NA	X	X	X	X	X	X	X	X
15W-40	—	—	—	X	X	NA	X	X	X	X	X	X	X
15W-50	—	—	—	—	X	X	NA	X	X	X	X	X	X
20W	—	—	—	—	—	—	—	NA	—	—	X	X	X
20W-40	—	—	—	—	—	X	X	X	NA	X	X	X	X
20W-50	—	—	—	—	—	—	X	X	X	NA	X	X	X
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NA	X	X
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NA	X
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NA

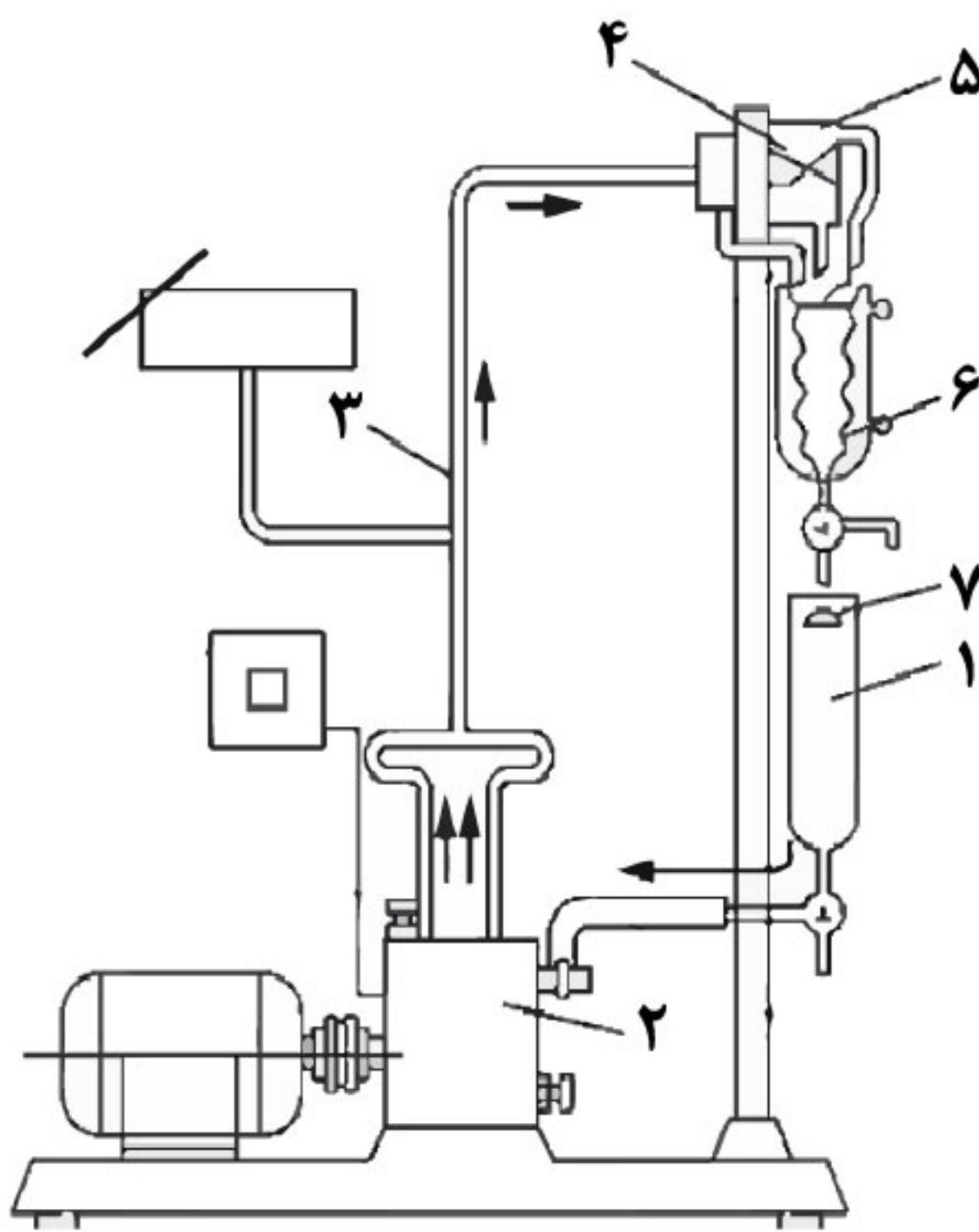
Notes:

1. X = read-across is permitted for the viscosity grades identified based on data and some applications of the technical principles approved by API BOI/VGRA Task Force and API Lubricants Group.
2. A dash (—) means that read-across is not permitted; NA = not applicable.
3. New viscosity grades and associated read-across are allowed if the requirements described in F.1.3 are met.
4. Tested formulations containing Group V stocks must contain an equal amount of the same Group V base stock (e.g., ester) in the finished oil blend for application of viscosity grade read-across.
5. The read-across in this table applies only to bearing weight loss and piston varnish. All multigrade oils must stay-in-grade for 10 hours in the L-38/Seq. VIII tests (see ILSAC GF-1, GF-2, GF-3, GF-4 and GF-5). Data to support stay-in-grade “read-across” shall be provided by the licensee for API Service Categories SN, SM, SL, SJ, SH, and CG-4 and ILSAC GF-1, GF-2, GF-3, GF-4, and GF-5 oils (0W-XX, 5W-XX, 10W-XX).
6. The guidelines in this table apply only to bearing weight loss. All multigrade oils must stay in grade for 10 hours. Data to support stay-in-grade read across shall be provided by the licensee for active API Service Categories and ILSAC Standards. ASTM D 6278 (30 passes) may be used to support stay-in-grade requirements, where the following limits must be met at 100 °C: SAE XW-20 5.6 cSt minimum, XW-30 8.5 cSt minimum, XW-40 11.5 cSt minimum, and XW-50 15.0 cSt minimum.

جدول ۲ - READ-ACROSS برای SEQUENCE VIII

سنجش پایداری برشی

آزمون پایداری برشی مطابق با ASTM D6278 (INSO17764) که با نام Kurt Orbahn نیز شناخته می‌شود، جایگزین مناسبی برای آزمون موتوری Sequence VIII جهت سنجش پایداری برشی است. این آزمون به کمک یک نازل تزریقی دیزلی اروپایی انجام می‌شود. روش انجام آزمون بدین صورت است که پس از آماده‌سازی و فلاش کردن دستگاه، ۱۷۰ میلی‌لیتر از نمونه را داخل مخزن (۱) می‌ریزیم و دستگاه را روشن می‌کنیم. روغن از مخزن به سمت پمپ تزریق پیستونی (۲) می‌رود. پس از عبور از پمپ، روغن به کمک یک لوله فلزی (۳) با فشار تقریبی ۱۳۰ اتمسفر به نازل پاششی (۴) منتقل می‌شود. در این واحد از دستگاه، تنش برشی بسیار بالایی به روغن وارد می‌شود. یک محفظه (۵) برای جلوگیری از کف کردن روغن پاشیده شده در جلوی نازل تعبیه شده‌است. سپس روغن از محفظه پاششی وارد واحد سرد کننده (۶) می‌شود. علت سرد کردن روغن، کاهش مقاومت پلیمر محلول در برابر شکست است. پس از سرد شدن، روغن باید به مخزن بازگردد. برای آن که روغنی که از واحد سرد کننده به مخزن منتقل می‌شود با روغنی که در مخزن بوده (و یک بار کمتر از نازل عبور کرده است) کمترین اختلاط را داشته‌باشد از صفحه پخش کننده (۷) عبور می‌کند. (شکل ۱)



شکل ۱ - تصویر و نمای شماتیک دستگاه مورد استفاده در آزمون ASTM D6278
 ۱: مخزن | ۲: پمپ تزریق پیستونی | ۳: لوله انتقال دهنده روغن از پمپ به نازل
 ۴: نازل پاششی | ۵: محفظه پاششی | ۶: واحد سرد کننده | ۷: صفحه پخش کننده

ASTM D6278 و Sequence VIII

در سال ۲۰۰۰ میلادی، سازمان ASTM یک گروه برای پیدا کردن رابطه بین آزمون ASTM D6278 و آزمون موتوری Sequence VIII تشکیل داد. نتیجه تحقیقات این گروه بدین صورت بود: روغن‌هایی با درجه‌های SAE XW20، SAE XW30، SAE XW40 و SAE XW50 که پس از آزمون ASTM D6278 در درجه خود باقی می‌مانند، پس از گذراندن ۱۰ ساعت آزمون موتوری Sequence VIII (۱۰ ساعت ابتدایی این آزمون مبنای بررسی

پایداری برشی است) نیز در درجه باقی می‌مانند. آزمون‌های شبیه سازی عملکرد روغن، جایگزین آزمون‌های موتوری نیستند و هر فرمولاسیون روغن باید آزمون موتوری Sequence VIII را بگذراند تا گواهی‌نامه ILSAC یا API را دریافت کند. با این حال آزمون ASTM D6278 راهنمای بسیار خوبی برای طراحان روغن در طی طراحی کردن روغن‌هایشان است.

سنجش پایداری برشی به روش ASTM D7109

ASTM D7109 یک نسخه از آزمون Kurt Orbahn است که برای روغن موتور وسایل نقلیه سنگین مثل API FA-4 و CK-4 مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت این آزمون با آزمون ASTM D6278 تنها در تعداد چرخه‌هایی است که روغن از نازل تزریقی می‌گذرد. آزمون ASTM D6278 در ۳۰ چرخه انجام می‌شود. هر چرخه به معنای یک بار گذشتن تمامی حجم روغن مورد آزمایش از نازل تزریقی است. آزمون ASTM D7109 در شرایط ۳۰ و ۹۰ چرخه انجام می‌شود. آزمون ۳۰ چرخه ASTM D7109 دقیقاً مانند آزمون Kurt Orbahn است. آزمون ۹۰ چرخه با ایجاد تنش برشی بیشتر شبیه ساز مناسب‌تری برای بررسی پایداری برشی وسایل نقلیه سنگین است. زیرا تنش‌های وارده به روغن از طرف این موتورها از موتورهای معمولی بیشتر است.

جدول SAE J300

سازمان API در جدول SAE J300 محدوده گرانیروی‌های مجاز روغن را برای هر درجه در دما و شرایط مختلف در نظر گرفته‌است. روغن موتور تا زمانی که در موتور کار می‌کند، نباید از این محدوده گرانیروی‌ها خارج شود. از این رو برای روغن موتور عمر مفید تعریف می‌شود. این جدول تا سال ۲۰۱۵، حداقل درجه تابستانی آن SAE 20 بود. در سال ۲۰۱۵ به دلیل اضافه کردن درجه‌های SAE 8، SAE 12 و SAE 16 به جدول و برای این که بتوانند در جدول جای بگیرند، محدوده مجاز برای درجه SAE 20 محدودتر شد.

SAE Viscosity Grade	Low-Temperature (°C) Cranking Viscosity ⁽³⁾ , mPa·s Max	Low-Temperature (°C) Pumping Viscosity ⁽⁴⁾ mPa·s Max with No Yield Stress ⁽⁴⁾	Low-Shear-Rate Kinematic Viscosity ⁽⁵⁾ (mm ² /s) at 100 °C Min	Low-Shear-Rate Kinematic Viscosity ⁽⁵⁾ (mm ² /s) at 100 °C Max	High-Shear-Rate Viscosity ⁽⁶⁾ (mPa·s) at 150 °C Min
0W	6200 at -35	60 000 at -40	3.8	—	—
5W	6600 at -30	60 000 at -35	3.8	—	—
10W	7000 at -25	60 000 at -30	4.1	—	—
15W	7000 at -20	60 000 at -25	5.6	—	—
20W	9500 at -15	60 000 at -20	5.6	—	—
25W	13 000 at -10	60 000 at -15	9.3	—	—
8	—	—	4.0	<6.1	1.7
12	—	—	5.0	<7.1	2.0
16	—	—	6.1	<8.2	2.3
20	—	—	6.9	<9.3	2.6
30	—	—	9.3	<12.5	2.9
40	—	—	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40, and 10W-40 grades)
40	—	—	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40 grades)
50	—	—	16.3	<21.9	3.7
60	—	—	21.9	<26.1	3.7

- Notes—1 mPa·s = 1 cP; 1 mm²/s = 1 cSt
- All values, with the exception of the low-temperature cranking viscosity, are critical specifications as defined by ASTM D3244 (see text, Section 7.)
- ASTM D5293: Cranking viscosity – The non-critical specification protocol in ASTM D3244 shall be applied with a P value of 0.95.
- ASTM D4684: Note that the presence of any yield stress detectable by this method constitutes a failure regardless of viscosity.
- ASTM D445
- ASTM D4683, ASTM D4741, ASTM D5481, or CEC L-36-90.

جدول ۳ - SAE J300 2015

باید به نحوی طراحی شوند تا در عین قرارگیری در حداقل گرانیروی HT/HS، به حداقل گرانیروی ممکن در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خود دست یابند. یک روغن SAE 10W30 باید با گرانیروی ۱۰ سانتی‌استوک در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد طراحی شود تا به حداقل گرانیروی HT/HS ۲٫۹ سانتی‌پواز برسد.

علاوه بر این برای روغن‌هایی با سطح کارایی API CK-4 و درجه SAE 10W30 با توجه به حداقل گرانیروی مجاز ۹٫۳ سانتی‌استوک در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، معمولاً با گرانیروی بالاتر از ۱۱٫۵ سانتی‌استوک طراحی می‌شوند تا بتوانند به حداقل گرانیروی HT/HS دست یابند. API CK-4 جدیدترین سطح کارایی طراحی شده برای موتور وسایل نقلیه سنگین است. با توجه به سرعت برشی بالا و دمای بالا در این موتورها، طراحان روغن باید

با وجود محدوده‌های تعریف شده در جدول بالا برای گرانیروی روغن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، بعضی از درجه‌ها با توجه به حداقل گرانیروی در دمای بالا (۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) و سرعت برشی بالا (۱۰۶ بر ثانیه) ۱۰، این بازه گرانیروی محدودتر می‌شود. ستون آخر جدول SAE J300 این پارامتر را برای تمام درجه‌های تابستانی مشخص می‌کند. به عنوان مثال محدوده گرانیروی مجاز روغن SAE 10W30 در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد از ۹٫۳ تا ۱۲٫۵ سانتی‌استوک ۱۱ تعریف شده‌است. اما با توجه به حداقل گرانیروی HT/HS ۲٫۹ سانتی‌پواز ۱۲، این درجه باید در انتهای محدوده مجاز طراحی شود تا بتواند به گرانیروی HT/HS ۲٫۹ سانتی‌پواز برسد.

باقی ماندن در درجه ۱۳

سطح کارایی API FA-4 مشخصاً برای افزایش بازده سوخت طراحی شده‌است. بازده سوخت با گرانیروی روغن رابطه عکس دارد. از این رو هرچه روغن موتور سبک‌تر باشد، مصرف سوخت کاهش می‌یابد. روغن‌هایی با این سطح کارایی

۱۰- High Temperature High Shear (HT/HS)

۱۱- Centistoke

۱۲- Centipoise

۱۳- Stay In Grade

نتیجه گیری

اگر در طراحی یک روغن به پایداری برشی بالا برنده گرانی استفاده شده توجه کافی نشود، روغن قبل از رسیدن به زمان تعویض، دچار افت گرانی بیش از حد مجاز شده و دیگر نمی تواند ضخامت لایه روانکار را به مقدار مورد نیاز برای جلوگیری از ایجاد سایش برساند.

امروزه با توجه به روند رو به کاهش گرانی روغن ها، پایداری برشی از اهمیتی بیش از پیش برخوردار شده است. زمانی که یک روغن سنگین دچار افت گرانی بیش از حد مجاز می شود، ضخامت لایه روانکار به مقدار ایده آل موتور نمی رسد و روانکاری به طور ناقص انجام می شود. در صورتی که برای روغن های سبک ممکن است با کاهش گرانی بیش از حد مجاز، لایه روانکار به طور کلی از بین برود و دیگر روانکاری انجام نشود.

با در نظر گرفتن این روند و با توجه به این که روغن های سبک نیاز به پایداری برشی بالاتری نسبت به روغن های سنگین دارند، در آینده شاهد کاهش استفاده از پلیمرهایی با جرم مولکولی بالا و قدرت بالا برندی گرانی ۱۵ بالا به دلیل نداشتن پایداری برشی مورد نیاز برای روغن های سبک خواهیم بود. در نتیجه بازار بالابرنده های گرانی رو به پلیمرهایی حرکت خواهد کرد که تکنولوژی ساخت بالاتر و جرم مولکولی پایین تری به منظور افزایش پایداری برشی دارند.

به گرانی در دما و سرعت برشی بالای این روغن ها توجه ویژه ای داشته باشند.

در نتیجه انتخاب یک بالابرنده گرانی مناسب برای دستیابی به پایداری برشی مدنظر، اهمیت بسیار زیادی دارد. با این پیش فرض که تنها عامل تغییردهنده درجه گرانی پایداری برشی است، یک بالابرنده گرانی با پایداری برشی مناسب، تضمین کننده ماندن روغن در درجه مشخص خود در طول دوره کار کردن است.

پایداری برشی با قدرت بالابرنده گرانی پلیمر مورد استفاده رابطه عکس دارد. از طرفی هرچه جرم مولکولی پلیمر استفاده شده به عنوان بالابرنده گرانی بیشتر باشد، قدرت بالابرنده گرانی آن پلیمر افزایش می یابد. از این موضوع می توان نتیجه گرفت جرم مولکولی پلیمر با پایداری برشی آن رابطه عکس دارد. یک طراح روغن سعی در انتخاب یک پلیمر با بالاترین جرم مولکولی ممکن برای رسیدن به پایداری برشی مدنظر دارد. این امر باعث کاهش مصرف پلیمر و در نتیجه کاهش قیمت تمام شده روغن می شود. علاوه بر این هرچه مقدار پلیمر در روغن کمتر باشد، پلیمر تمایل کمتری به تشکیل لجن بر روی قطعات موتور از خود نشان می دهد.

پلیمرهای بالابرنده شاخص گرانی، در نگه داشتن روغن ها در محدوده گرانی مجاز درجه شان نقش اساسی دارند. روغن ها باید درجه خود را حفظ کنند تا بتوانند از سایش در طول عمر مفید خود جلوگیری کنند. در انتخاب بالابرنده های گرانی علاوه بر در نظر گرفتن پایداری برشی، باید به احتمال تشکیل لجن پلیمری، تأثیر آن بر روی گرانی روغن در دماهای پایین، بازده سوخت و قیمت آن توجه کرد.

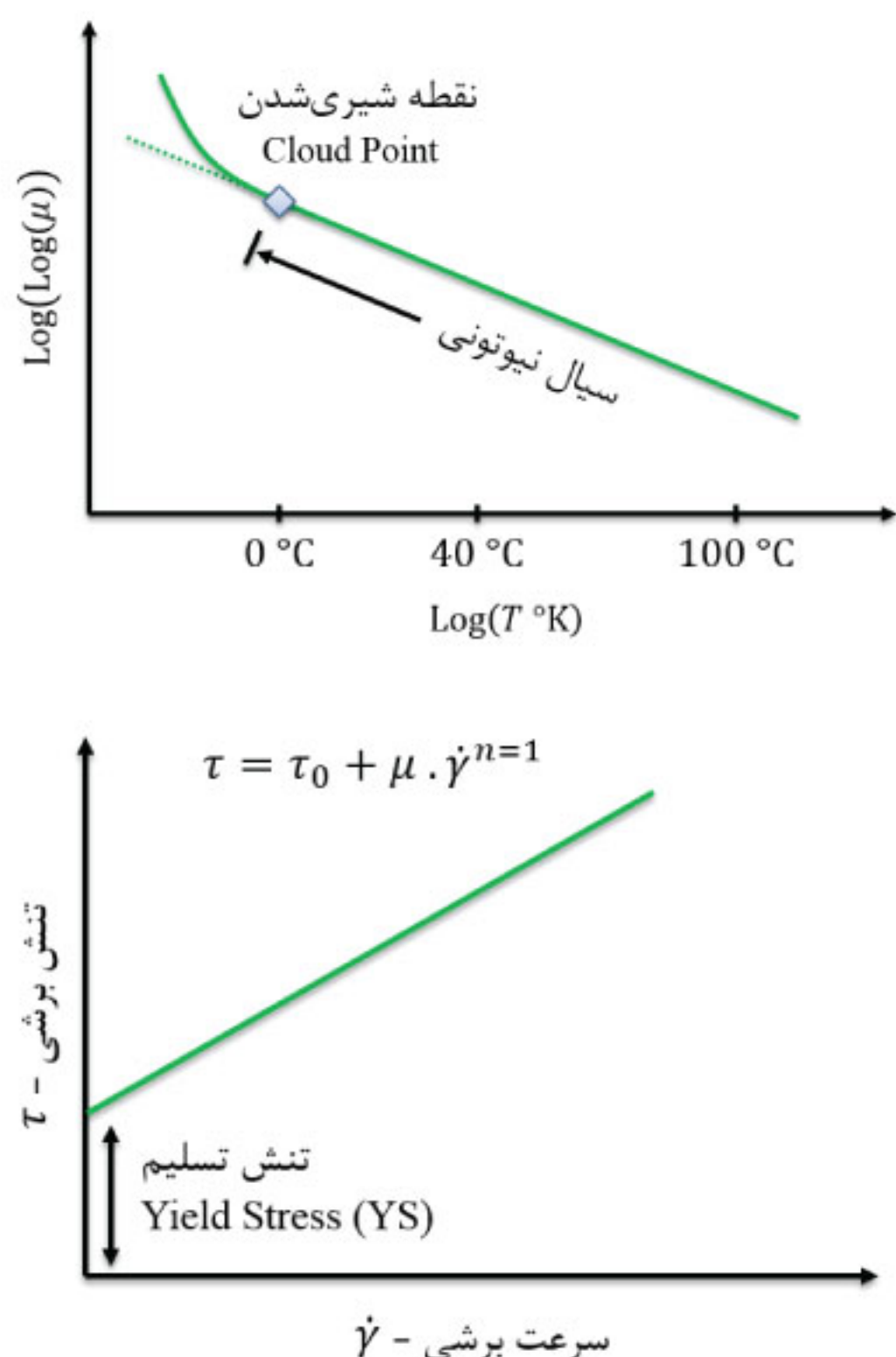
گرانی روغن، یک پارامتر بسیار مهم در سلامتی و کارایی موتور است. به عنوان مثال اکثر موتورهای شرکت کترپیلار^{۱۴} مجاز به استفاده از روغن موتور SAE 10W30 هستند. پایداری برشی که بیانگر گرانی روغن بعد کار کردن است، کمیتی بسیار مهم است و باید قابل پیش بینی و تکرار پذیر باشد تا بتوان ادعا کرد روغن در حین کار کردن در دوره عمر مفید خود به درجه سبک تر افت نمی کند و توانایی ایجاد لایه روانکار با ضخامت مورد نیاز را دارد.



محمد مهدی کریم
مدیر واحد فنی گروه افزون

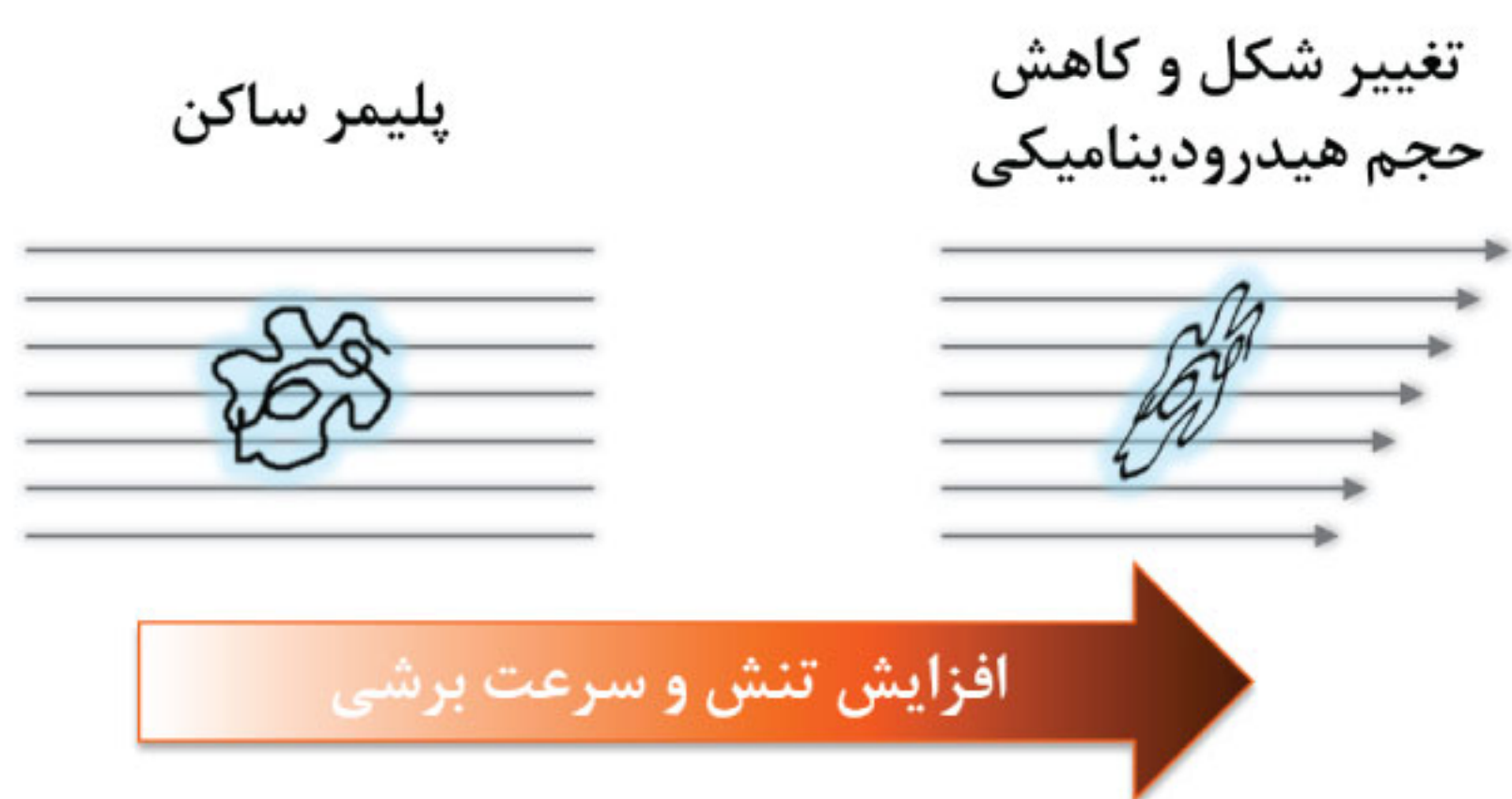
مقدمه

که بتواند خود را به پمپ روغن برساند، و روغن کاری انجام نشده، موتور خشک کار کند و آسیب جدی ببیند. استاندارد SAE J300 برای اطمینان از عدم بروز چنین شرایطی، آزمون MRV TP-1 را الزامی کرده تا مصرف کننده از عدم بروز تنش تسلیم بالا در روغنی که به تدریج سرد شده است، اطمینان حاصل کند.



شکل ۱- رفتار غیر نیوتونی روغن معدنی در دماهای کمتر از نقطه‌ی شیری شدن

همچنین به دلیل استفاده از پلیمر در فرمولاسیون روغن، در سرعت برشی‌های بالا، روغن رفتار غیرنیوتونی از نوع سودوپلاستیک^۱ (روان‌شونده با برش) از خود نشان می‌دهد. به این معنی که در چنین شرایطی، گرانروی روغن از آنچه انتظار می‌رود کمتر خواهد شد. این پدیده به دلیل تغییر شکل موقت کوپل‌های پلیمر و کاهش حجم هیدرودینامیکی آن است که منجر به کاهش موقت سهم پلیمر در افزایش گرانروی می‌شود.



شکل ۲- کاهش حجم هیدرودینامیکی پلیمر و کاهش موقت نقش آن در افزایش گرانروی

اثر این رفتار را می‌توان در روانکاری سیلندر و پیستون موتور خودرو که سرعت برشی بالایی ایجاد می‌کند مشاهده کرد. اگر گرانروی روغن در

۱- Pseudoplastic

گرانروی مهم‌ترین ویژگی یک روغن روانکار است؛ و مقدار گرانروی است که تعیین می‌کند در شرایط کاری مختلف، چه ضخامتی از روغن در موضع روانکاری تشکیل می‌شود. هرچند گرانروی یک روغن در دماهای مختلف را در برهه‌های فنی محصولات گزارش می‌کنند، مهندسی این حوزه به تخمین آن در دماهای متنوع‌تری نیاز پیدا می‌کنند. همچنین پیش‌بینی گرانروی مخلوط - خصوصاً در زمان فرمولاسیون - از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این مقاله و دو مقاله‌ای که در شماره‌های بعد ارائه خواهیم کرد، نگاهی عمیق‌تر و کاربردی به گرانروی روغن خواهیم داشت.

گرانروی، مهم‌ترین ویژگی روغن

گرانروی یک سیال، مقاومت آن در برابر جاری شدن را بیان می‌کند. مقدار گرانروی با ضخامت لایه‌ی روغن در موضع روانکاری متناسب است. بنابراین، مهم‌ترین ویژگی یک روغن، گرانروی آن است. در طراحی تجهیزات همواره تلاش بر این است که با حفظ ضخامت لایه‌ی روغن، رژیم روانکاری در محدوده‌ی هیدرودینامیک باقی بماند و به حالت مرزی نرسد. در مواقعی که این امر میسر نباشد و امکان حفظ لایه‌ی روغن وجود نداشته باشد، از افزودنی‌های شیمیایی ضد سایش و فشارپذیر استفاده می‌کنند.

مهم‌ترین دسته‌بندی روغن‌ها در کاربردها و استانداردهای مختلف، دسته‌بندی بر اساس گرانروی است. در مواردی مثل روغن هیدرولیک، این دسته‌بندی تنها بر اساس گرانروی سینماتیکی در دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. ولیکن در جاهایی مثل موتورهای درون‌سوز که شرایط روانکاری متنوع و پیچیده‌ای دارد، به تعیین دقیق‌تر گرانروی نیاز پیدا می‌کنیم. لذا استاندارد SAE J300 برای روغن‌های چند درجه‌ای، چهار نوع گرانروی را تعیین کرده که هر یک با هدف شبیه‌سازی یکی از شرایط عملکرد روغن، در شرایط خاصی از دما و سرعت برشی اندازه‌گیری می‌شود.

سیال نیوتونی و غیر نیوتونی

مقاومت اغلب سیالات در برابر جاری شدن را می‌توان با رابطه‌ی زیر بیان کرد:

$$\tau = \tau_0 + \mu \times (du/dy)^n$$

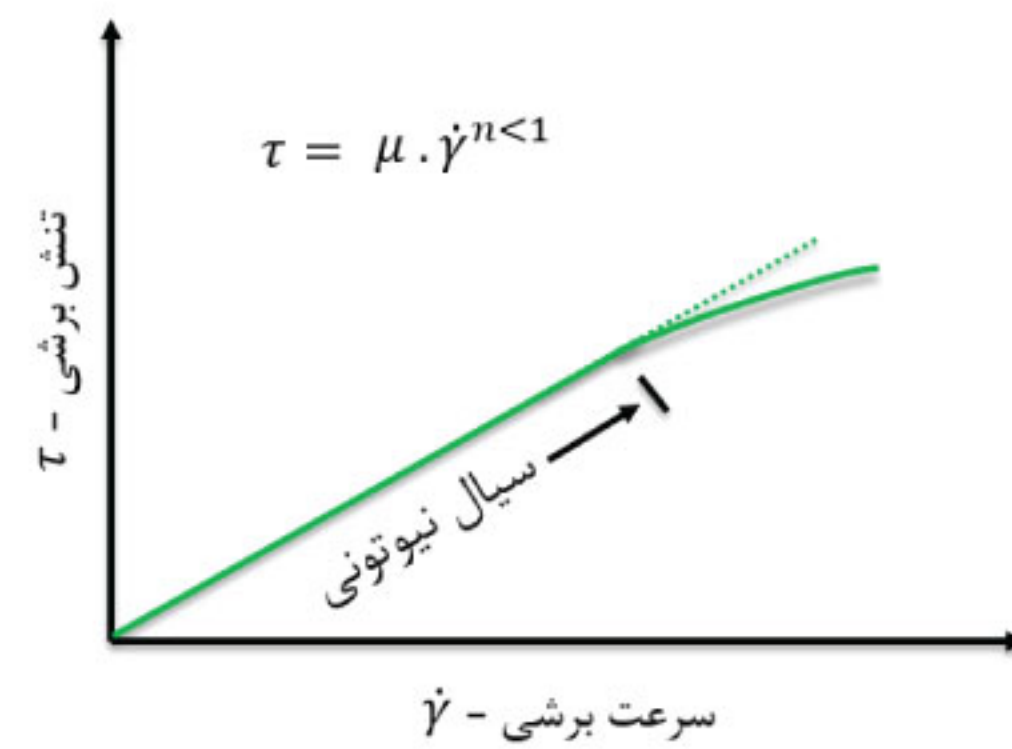
که در آن τ تنش برشی، τ_0 تنش تسلیم، μ گرانروی در حالت مرجع و du/dy سرعت برشی است. در صورتی که سیال نیوتونی رفتار کند، تنش تسلیم آن صفر و به دلیل رابطه‌ی خطی میان تنش برشی و سرعت برشی، مقدار n برابر با یک خواهد بود. در صورتی که یک سیال تنش تسلیم داشته باشد و یا رابطه‌ی میان تنش برشی و سرعت برشی در آن غیر خطی باشد (مقدار n بزرگتر یا کوچکتر از یک) آن را غیر نیوتونی می‌نامیم.

روغن‌های معدنی در حالت معمول رفتار نیوتونی از خود بروز می‌دهند. ولیکن به دلیل دارا بودن مقادیری وکس، در دمای پایین مقداری تنش تسلیم خواهند داشت و از این رو رفتار بینگهام از خود بروز می‌دهند. پلیمرهای بالابرنده‌ی گرانروی نیز می‌توانند در بروز این رفتار در دماهای بالاتر اثر بگذارند. در روغن‌های موتوری که دمای کارتر ممکن است در تهران تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد افت کند، مطالعه‌ی این رفتار ضروری است. چراکه ممکن است در شرایطی، تنش تسلیم روغن بیشتر از مقداری باشد

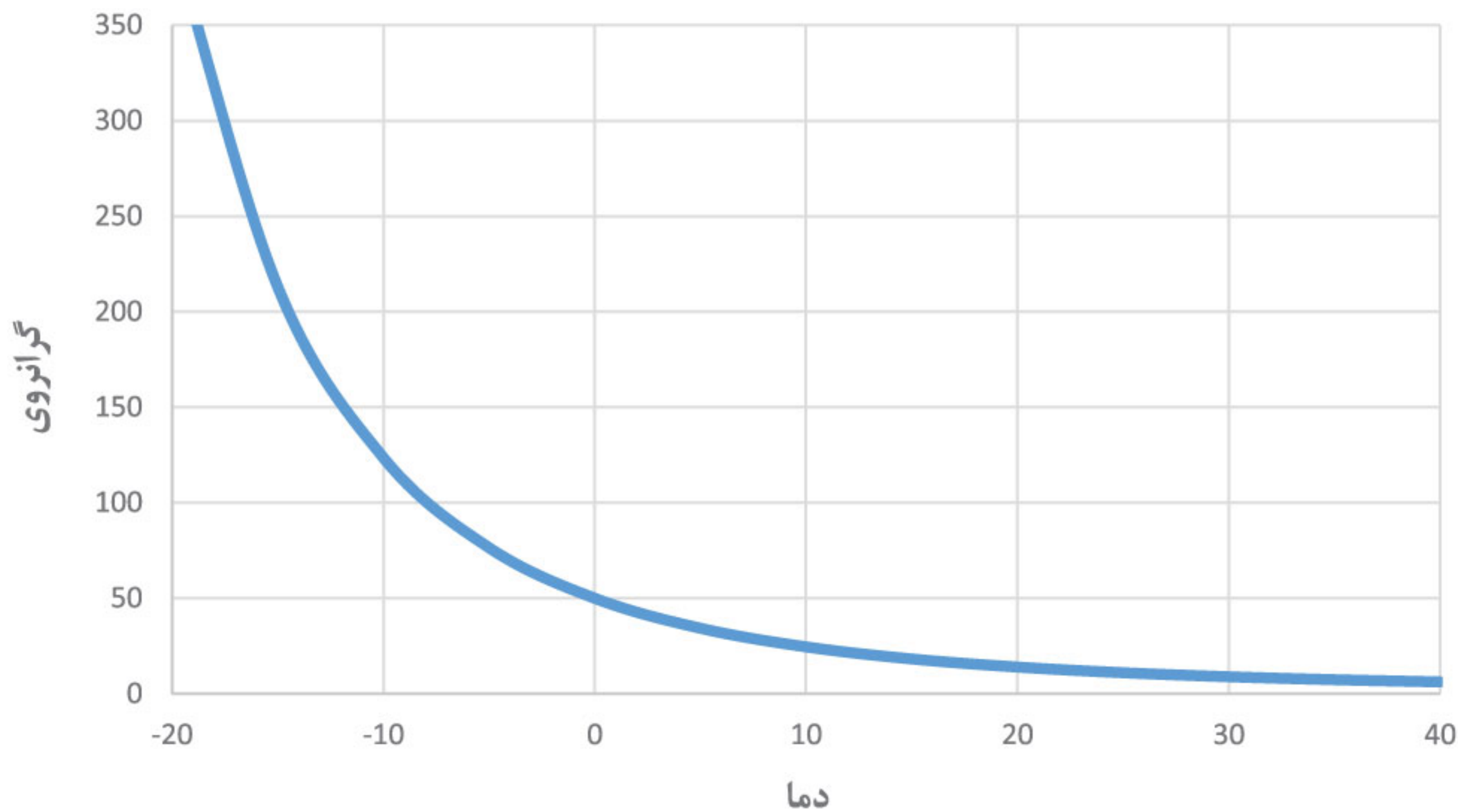
چنین شرایطی افت بیش از اندازه داشته باشد، لایه‌ی روانکار نازک شده و ضخامت کافی را ایجاد نمی‌کند. همچنین روغن در داخل محفظه‌ی احتراق باقی مانده و روغن‌سوزی رخ می‌دهد. استاندارد SAE J300 اندازه‌گیری گرانروی HTHS را برای مدیریت این رفتار روغن موتور پیش‌بینی کرده است.

تغییرات گرانروی با دما

به‌طور معمول گرانروی مایعات با کاهش دما، به شکل فزاینده‌ای بالا می‌رود. این رفتار شباهت زیادی به توابع نمایی دارد.



شکل ۳- رفتار سود و پلاستیک روغن موتور چند درجه‌ای در سرعت برشی بالا



نمودار ۱- نمونه‌ای از رفتار گرانروی با تغییر دما

در این رابطه، مقادیر C تا H با کمتر شدن گرانروی به ترتیب اهمیت پیدا می‌کنند.

$Z=v+0.7$	$2 \times 10^7 > v > 2.00 \text{ cSt}$
$Z=v+0.7+C$	$2 \times 10^7 > v > 1.65 \text{ cSt}$
$Z=v+0.7+C-D$	$2 \times 10^7 > v > 0.90 \text{ cSt}$
$Z=v+0.7+C-D+E$	$2 \times 10^7 > v > 0.30 \text{ cSt}$
$Z=v+0.7+C-D+E-F+G$	$2 \times 10^7 > v > 0.24 \text{ cSt}$
$Z=v+0.7+C-D+E-F+G-H$	$2 \times 10^7 > v > 0.21 \text{ cSt}$

به دلیل دشواری محاسبات، استاندارد ASTM D341 برای بکارگیری این معادله، گراف‌های متنوعی را منتشر کرده است. لیکن به دلیل کیفیت پایین چاپ فعلی آن، و نیز برای به‌روز شدن محدوده‌های گرانروی متناسب با کاربردهای جدید، کمیته‌ی D02 با همکاری واحد فنی گروه افزون در حال به‌روز رسانی آن است. این گراف‌ها روشی سریع برای پیش‌بینی و مطالعه‌ی گرانروی روغن در دماهای مختلف در اختیار کارشناسان قرار می‌دهد.

گراف گرانروی-دما

استفاده از این گراف‌ها بسیار ساده است. روش کار، همان‌طور که در نمودار ۲ رسم شده است، به این صورت است که:

(۱) گرانروی روغن (یا مایع هیدروکربنی) مورد نظر را در دمای اول روی نمودار علامت بگذارید.

(۲) گرانروی این ماده در دمای دوم را نیز روی نمودار علامت بگذارید.

تلاش‌های زیادی برای ارائه‌ی یک مدل ریاضی که این تغییرات را بیان کند صورت گرفته است. یکی از بهترین تلاش‌ها که به استاندارد ASTM هم راه یافت، توسط نیل مک‌کول^۲ و در سال ۱۹۲۷ انجام شد. مک‌کول به‌طور تجربی فهمید که لگاریتم دوگانه‌ی گرانروی می‌تواند با لگاریتم دمای مطلق رابطه‌ای خطی داشته باشد، و توانست رابطه‌ی زیر را ارائه دهد.

$$\log \log(v+0.7) = A - B \log T$$

در این رابطه A و B ثوابت معادله، v گرانروی سینماتیک در مقیاس سانتی‌استوک، و T دما در مقیاس کلوین (درجه‌ی سانتی‌گراد + ۲۷۳/۱۵) است. این رابطه برای ترکیبات هیدروکربنی با تعداد کربن بیشتر از ۶ و گرانروی‌های بالای ۲ سانتی‌استوک بسیار کارآمد است. همچنین باید در نظر داشت که این رابطه برای دماهای کمتر از نقطه‌ی جوش اولیه^۳ و بیشتر از دمای شیری شدن (ابری شدن) به کار می‌رود.

برای گرانروی‌های کمتر از ۲ سانتی‌استوک، آقای رایت رابطه‌ی اصلاح شده‌ی زیر را پیشنهاد کرد.

$$\log \log Z = A - B \log T$$

$$Z=v+0.7+C-D+E-F+G-H$$

$$C=\exp(-1.14883-2.65868v)$$

$$D=\exp(-0.0038138-12.5645v)$$

$$E=\exp(5.46491-37.6289v)$$

$$F=\exp(13.0458-74.6851v)$$

$$G=\exp(37.4619-192.643v)$$

$$H=\exp(80.4945-400.468v)$$

۲- Neil MacCoull

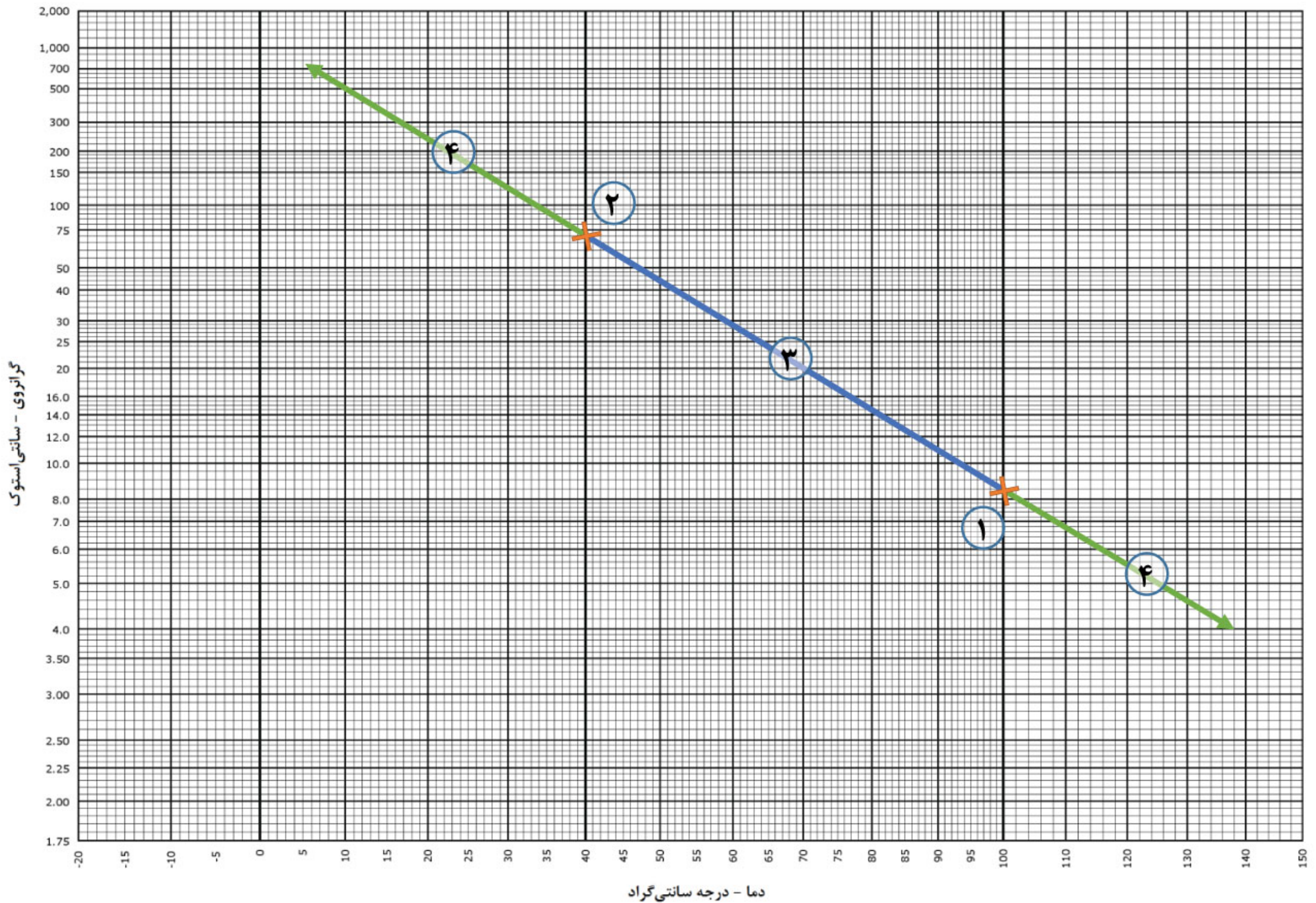
۳- IBP - Initial Boiling Point

جمع‌بندی

پیش‌بینی گرانروی روغن در دماهای مختلف اهمیت زیادی در صنعت دارد. سه نمودار با دامنه‌های مختلف گرانروی و دما همراه با این مجله ارائه شده است تا خوانندگان بتوانند در کاربردهای مختلف از آن استفاده کنند. در مقاله‌ای که در شماره‌ی بعدی ارائه خواهد شد، به شاخص گرانروی خواهیم پرداخت.

۳) دو نقطه‌ی مشخص شده را با یک خط راست به هم وصل کنید. هر نقطه روی این خط راست، بیانگر اطلاعات درون‌یابی‌شده‌ی گرانروی روغن بین دمای اول و دوم است.

۴) خط راست را از هر دو سمت ادامه دهید. هر نقطه روی امتداد این خط راست، بیانگر اطلاعات برون‌یابی‌شده‌ی گرانروی است. هنگام برون‌یابی روغن، دمای شیری‌شدن را از نظر فراموش نکنید. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به بخش اول از مقاله‌ی «اهمیت بررسی عملکرد ماده‌ی افزودنی کاهنده‌ی نقطه‌ی ریزش در روغن موتور تازه و کارکرده» که در شماره‌ی ۸ این مجله (زمستان ۱۳۹۷) آمده است مراجعه کنید.



نمودار ۲- مراحل درون‌یابی و برون‌یابی گرانروی - در این نمونه، روغن SN 350 با گرانروی ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ۵/۸ و ۱۰۰ درجه‌ی ۶۸ سانتی‌استوک را مثال زده‌ایم.



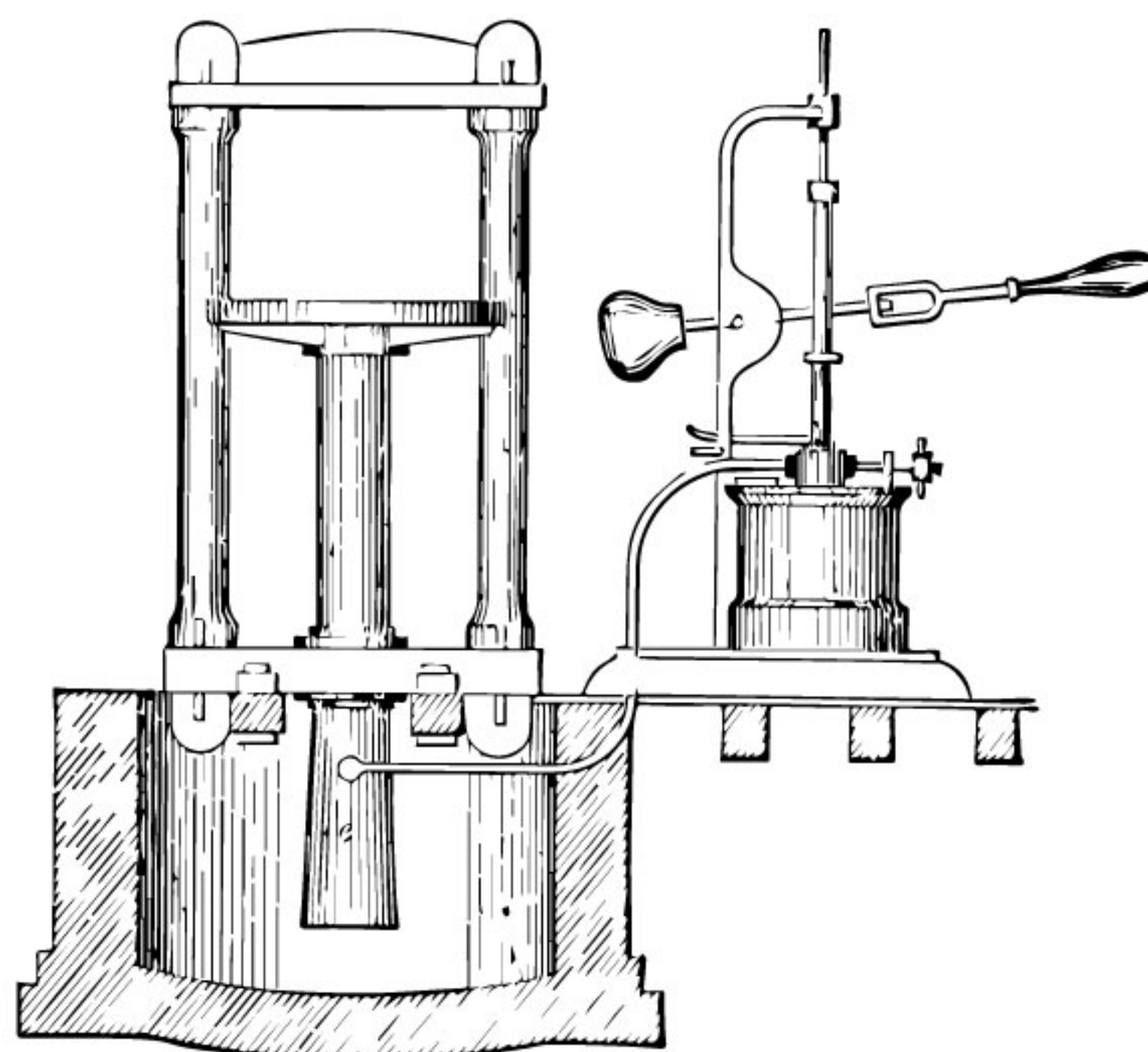
● دکتر مسعود حیدری
کارشناس مهندسی فروش شرکت افزون روان
● سیدعماد طباطبایی
کارشناس مهندسی فروش شرکت افزون روان



(۱) مقدمه:

(۱-۱) تاریخچه

واژه هیدرولیک عبارتی با منشا یونانی است که اشاره به سیالات حاوی آب دارد، اساس این نامگذاری به اولین سیستم‌های انتقال نیرو که مبتنی بر سیال آب بودند باز می‌گردد. این سیستم‌ها از ابتدای ظهور و معرفی توسط بلز پاسکال (Blaise Pascal) باهدف انتقال و کنترل نیرو به کار گرفته شده‌اند و در طول عمر خود، در مسیر نائل شدن هرچه بیشتر به این هدف مورد اصلاحات پیوسته قرار گرفته‌اند. ظهور اولین سیستم هیدرولیک به قرن ۱۸ باز می‌گردد جایی که جوزف براماه (Joseph Bramah) در سال ۱۷۹۵ و پس از اختراع پاسکال در سال ۱۶۴۷، از یک سیستم هیدرولیک مبتنی بر سیال آب در سیستم‌های پرس تاریخی خود استفاده کرد (شکل ۱).



شکل ۱- پرس هیدرولیک مبتنی بر سیال آب

سوزی در سیستم‌های هیدرولیک، تمایل به استفاده از سیالات مقاوم در برابر آتش‌سوزی نیز به شدت توسعه پیدا کرد تا نهایتاً در سال ۱۹۶۰ اولین سیالات هیدرولیک تشکیل شده از امولسیون آب در روغن به بازار معرفی شدند. توسعه در این مسیر با استفاده از انواع روغن‌پایه‌های سنتزی و معدنی در راستای سه فلسفه (۱) سیالات دارای عامل ضد آتش (روغن‌پایه به‌عنوان روانکار و آب به‌عنوان عامل ضد آتش)، (۲) سیالات با ذات ضد آتش و (۳) سیالات با تمایل کم به اشتعال، تا به امروز ادامه پیدا کرده است، به‌عبارت‌دیگر اولین بهانه ورود روغن‌های پایه سنتزی به حوزه هیدرولیک افزایش مقاومت سیالات این حوزه در برابر آتش‌سوزی بوده است. با پیشرفت‌های بیشتر تکنولوژیک و صنعتی، سیستم‌های متنوع هیدرولیک کاربردهای گسترده‌تری پیدا کردند و در نتیجه آن به‌صورت پیوسته نیازهای جدیدتری در سیستم‌های هیدرولیک مطرح شد به‌نحوی که با استفاده از یک نوع یا یک خانواده از سیالات هیدرولیک تمام سیستم‌های هیدرولیک و نیازهای آن‌ها قابل پوشش دادن نبود. بنابراین کمیته‌های بین‌المللی تدوین استانداردها از قبیل ISO و DIN به موازات هم و در کنار تولید کنندگان سیستم‌های هیدرولیک و سایر سازمان‌های دولتی وابسته به نهادهای نظامی، ایجاد چهارچوب پارامترهای فیزیکی و شیمیایی سیالات هیدرولیک متناسب با نیازهای سخت‌افزاری را آغاز کردند. در سال ۱۹۶۰ اولین دسته‌بندی سیستماتیک سیالات هیدرولیک توسط سازمان ISO ارائه شد تا امکان استفاده درست از سیالات هیدرولیک بر اساس نیازهای سخت‌افزاری-محیطی فراهم شود. توسعه سیستم‌های دسته‌بندی بر مبنای نیازهای جدید تا به امروز همچنان ادامه دارد. در اواخر دهه نود میلادی بود که با توجه به توسعه آلودگی‌های زیست‌محیطی از یک سو و گسترش استفاده از سیستم‌های هیدرولیک متحرک در صنایع راه‌سازی و ساختمان‌سازی، تأثیرات سیالات هیدرولیک بر محیط پیرامونی و طبیعت نیز مورد توجه قرار گرفت و در این خصوص استانداردهایی تبیین گردید که بر اساس آن استفاده از یک سری از این سیالات محدود شد.

(۲) اصول کلی

اساس کار سیستم‌های هیدرولیک بر مبنای قوانین ابتدایی فیزیک است که بیان می‌کند $P = F/A$ (فشار P، نیرو F و سطح تماس A)، بر این اساس نیروی اعمالی بر یک طرف دو پیستون مرتبط (با دو قطر متفاوت) با نیروی خروجی در انتهای دیگر برابر است (شکل ۲)، نیروی اعمالی نیز متناسب با فشار اعمال شده بر سطح است در نتیجه $A_1.P_1 = A_2.P_2$ خواهد بود. این قاعده به‌عنوان اصل اساسی در طراحی سیستم‌های هیدرولیک از ساده‌ترین تا پیچیده‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود. به‌عنوان مثال در یک حالت ایده‌آل با استفاده از دو پیستون مرتبط ۲۵ و ۶۰ میلی لیتری که به ترتیب سطح ۱۷۷ و ۲۸۲۸ میلی‌مترمربعی دارند برای تبدیل فشار ۳ بار به ۴۸ بار می‌توان استفاده کرد.

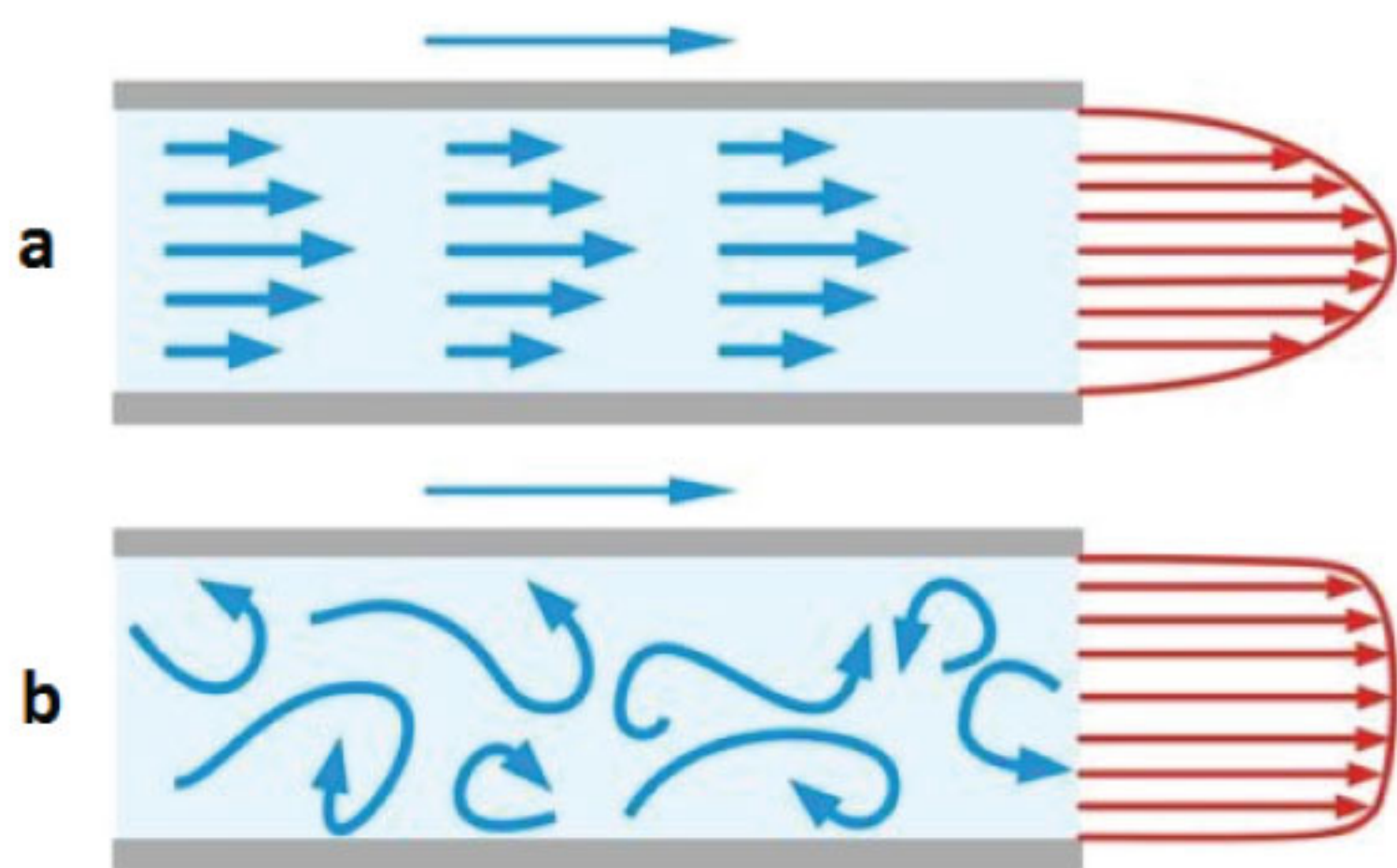
واضح است که چنین تبدیلی صرفاً در شرایط ایده‌آل میسر خواهد بود، جایی که خبری از (۱) اصطکاک بین سطوح و سیال، (۲) اصطکاک درونی سیال، (۳) تبدیل انرژی اعمالی به پارامترهایی نظیر حرارت، انرژی جنبشی و انرژی درونی و مواردی از این دست، نیست. بر اساس همین حقیقت (عدم ایده‌آل بودن شرایط عملیاتی) بود که پاسکال در قانون خود که اولین مبنای

پس از این آغاز، روند توسعه‌ای سیستم‌های هیدرولیک تا قرن بیستم با سرعت کمی ادامه پیدا کرد اما با آغاز قرن بیستم بر اساس اقدامات نوآورانه آرمسترانگ (Armstrong) در طراحی سیستم‌های هیدرولیک، سیستم‌هایی با راندمان بالا ظهور کردند که اساس کار آن‌ها مبتنی بر پمپ‌های با کارایی بالا بود. بر اساس این تغییرات جدید نه تنها توسعه و استفاده از سیستم‌های هیدرولیک رشد سریعی به خود گرفت بلکه نیاز به طراحی سیالاتی که علاوه بر انتقال نیرو وظیفه محافظت از سخت‌افزار مورد استفاده و کاهش هدر رفت انرژی را بر عهده داشته باشند مطرح شد، این نیازهای جدید به معنای عبور از آب خالص به‌عنوان سیال هیدرولیک بود.

در این شرایط جدید توسعه سیالات هیدرولیک سرعت شگرفی به خود گرفت و در اولین جهش اساسی خود در سال ۱۹۴۰ ادتیوهای شیمیایی باهدف بهبود عملکرد سیال هیدرولیک و محافظت از آن در شرایط سخت عملکرد، به‌عنوان افزودنی مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه مسیر توسعه‌ای سیستم‌های هیدرولیک، با افزایش گزارش‌های مربوط به آتش

۲-۱) اصطکاک

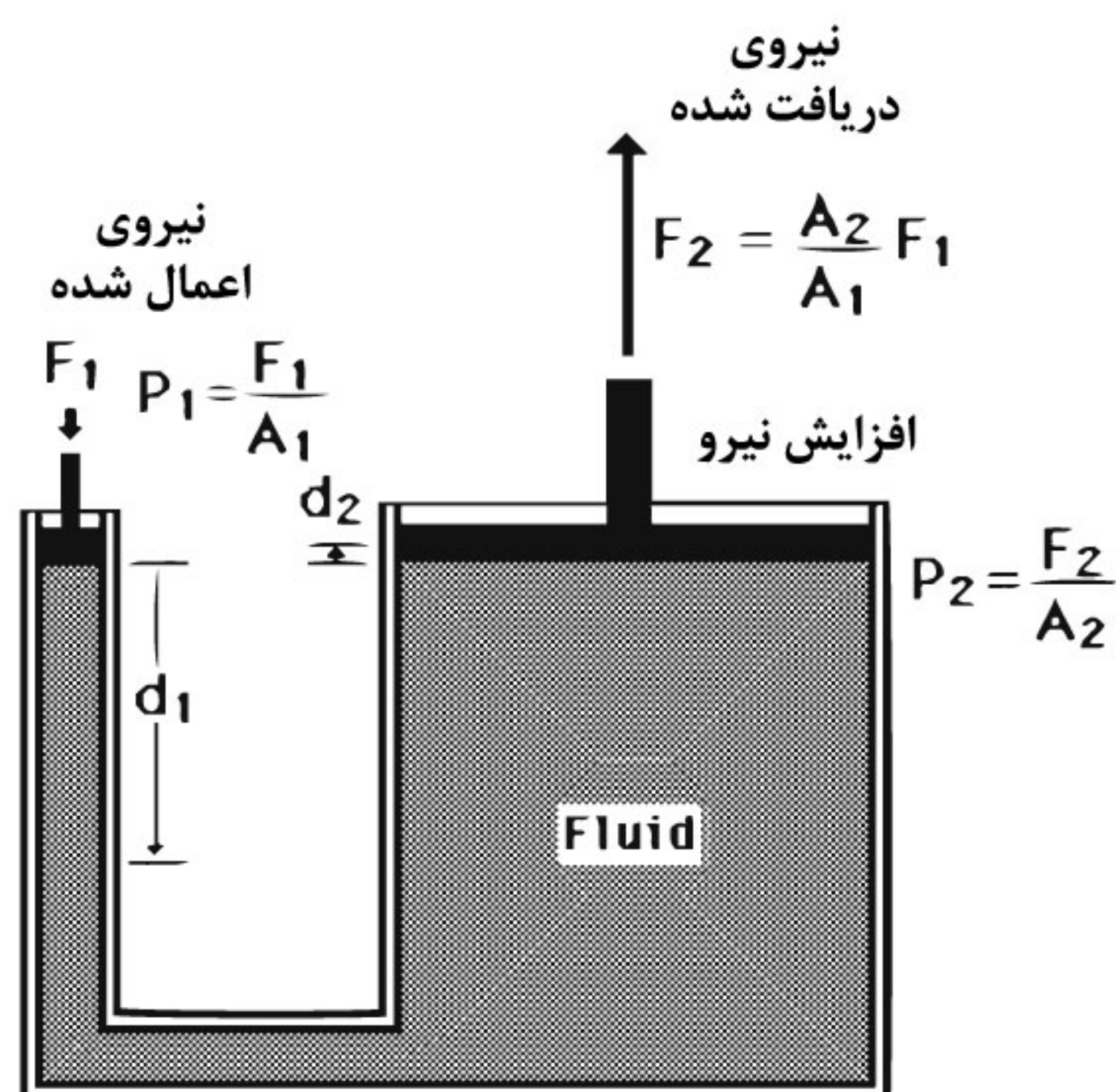
چنانچه گفته شد عدم راندمان کامل انتقال نیرو در یک سیستم هیدرولیک به هدر رفت انرژی اعمالی بر اثر وجود اصطکاک مربوط است. در سیستم‌های هیدرولیک علاوه بر اصطکاک بین سطوح فلزی (عمدتاً بین اجزاء متحرک سیستم مانند پمپ‌ها، شیرها و جک‌ها)، جریان پیدا کردن سیال در فضای سه‌بعدی منجر به ایجاد اصطکاک بین مولکول‌های سیال و تمامی سطوح در تماس با این سیال می‌شود، خود مولکول‌های تشکیل‌دهنده سیال نیز به دلیل برهمکنش‌های درونی و بین‌مولکولی دارای اصطکاک درونی هستند. بنابراین بخشی از انرژی جنبشی سیال در طی انتقال آن به دلیل وجود اصطکاک به صورت گرما هدر می‌رود و اتلاف انرژی اتفاق می‌افتد. بر این اساس یکی از راه‌های افزایش راندمان در سیستم‌های هیدرولیک کاهش انواع اصطکاک‌های یادشده است، فلسفه استفاده از سیالات دارای قدرت روانکاری نیز در راستای کاهش مقدار همین پارامتر است. اساس اصطکاک بین‌مولکولی برآیند نیروهای بین‌مولکولی است که تلفیقی از جاذبه و دافعه مولکولی است. از آنجاکه عمده سیالات به‌کاررفته در سیستم‌های هیدرولیک از لحاظ ساختار مولکولی جزو ترکیبات غیرفعال شیمیایی دسته‌بندی می‌شوند عمده نیروی بین‌مولکولی آن‌ها نیروهای واندروالسی است و عملاً نیروهای مبتنی بر بارهای الکتریکی در این حوزه نقشی ندارند. این نوع از نیروهای بین‌مولکولی عمدتاً تابعی از وزن مولکولی و نوع اتم‌های تشکیل‌دهنده ساختار مولکولی هستند و علاوه بر این می‌تواند از عوامل محیطی نظیر فشار و دما نیز تأثیر پذیرند. گرچه توصیف آنچه منجر به اصطکاک بین‌مولکولی می‌شود بسیار پیچیده است، اما برآیند نهایی این نیروها با پارامتری تحت عنوان ویسکوزیته سنجیده می‌شود. بنابراین مدیریت اصطکاک یک سیستم هیدرولیک با انتخاب دقیق نوع سیال مورد استفاده (نوع روغن پایه مورد استفاده) و گرید ویسکوزیته آن از یکسو و ارائه طراحی‌های سخت‌افزاری که منجر به کاهش اصطکاک نهایی شود، میسر است. در اهمیت طراحی سخت‌افزار همین بس که نوع حرکت سیال در اصطکاک نهایی تأثیرگذار است به نحوی که حرکت سیال به صورت جریان‌های موازی منجر به کاهش اصطکاک بین سطوح، سیال و سطوح، و اصطکاک درونی سیال می‌شود. بر این اساس است که در طراحی اجزاء سخت‌افزاری همواره سعی می‌شود از جریان‌های نامنظم گردابی-کاتوره‌ای جلوگیری شود (شکل ۳).



شکل ۳- (a) حرکت لایه‌ای، (b) حرکت کاتوره‌ای

۲-۱-۱) ارتباط دانسیته (فواصل بین مولکولی) و اصطکاک

چنانچه گفته شد اصطکاک سیال ناشی از برآیند نیروهای جاذبه و دافعه بین مولکول‌های تشکیل‌دهنده آن است، اصلی‌ترین نیروی بین‌مولکولی در سیالات این حوزه نیروهای واندروالسی است که وابستگی شدیدی به فواصل بین‌مولکولی دارد. بر این اساس هر عاملی که منجر به کاهش فواصل



$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$d_1 = \frac{F_2}{F_1} d_2 = \frac{A_2}{A_1} d_2$$

شکل ۲- دیاگرام انتقال نیرو

طراحی جک‌های هیدرولیک کوچک و برگرفته از قانون اصلی شرح داده شده است، از چگالی سیال به‌عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار در تبدیلات فشار استفاده می‌کند:

$$\Delta P = \rho \cdot g (\Delta h)$$

در این رابطه ΔP تغییرات فشار هیدرودینامیک، ρ چگالی، g شتاب گرانشی زمین و Δh هم تفاوت ارتفاع است.

بنابراین در تمامی سیستم‌های هیدرولیک هدف از اصلاحات اعمالی در سخت‌افزار و به‌تبع آن سیال مورد استفاده، افزایش راندمان تبدیلات انرژی، فشار و نزدیک کردن مقادیر آن‌ها به مقادیر حالت ایده آل، در کنار ایجاد محافظت از سخت‌افزار است. در قرن بیستم ظهور طراحی‌های جدیدتر با نیاز به کاهش اصطکاک (محافظت از سخت‌افزار تجهیزات و کاهش اتلاف انرژی بر اثر اصطکاک) و نیاز به ساخت سیستم‌های با کارایی بالا در مقیاس کوچک‌تر، موجب شد که توسعه سیالات هیدرولیک سرعت مضاعفی به خود بگیرد. در این راستا همواره سعی شده است که (۱) سیالات هیدرولیک علاوه بر انتقال نیرو با داشتن خواص روانکاری منجر به کاهش اصطکاک شوند، (۲) با داشتن ضریب تراکم‌پذیری مناسب علاوه بر نرم کار کردن و انتقال بدون خلل نیرو، امکان طراحی سیستم‌های هیدرولیک کوچک‌تر را نیز فراهم کند و (۳) چنان پایداری حرارتی-اکسیداسیونی داشته باشد که توانایی تحمل تغییرات دمایی ناشی از تغییر فشار را به‌خوبی در یک بازه زمانی طولانی داشته باشد.

چنانچه موارد ذکرشده به‌عنوان محورهای اصلی توسعه سیالات هیدرولیک در نظر گرفته شوند، پارامترهای اصلی تأثیرگذار در طراحی سیال‌های هیدرولیک را می‌توان در سه دسته اصطکاک، ضریب تراکم‌پذیری و پایداری (حرارتی و شیمیایی) سیال تقسیم‌بندی کرد. این سه پارامتر علاوه بر ذات (نوع) سیال به شرایط محیطی عملکرد سیستم مانند فشار و دما مرتبط هستند و در عین تأثیرگذاری مستقل به‌صورت غیرمستقیم، بر اساس آنچه شرح داده خواهد شد، باهم در ارتباط هستند:

به طور کلی هر چه میانگین حجم مولکولی هیدرودینامیک سه بعدی یک سیال بزرگ تر باشد (در صورت عدم قطبیت ساختار) به واسطه دافعه واندروالسی بزرگ تر در فواصل کوتاه و جاذبه واندروالسی دوربرد، سیال فواصل بین مولکولی بزرگ تری را تجربه می کند (دانسیتته کوچک تر) و در سیالات با مولکول های کوچک تر به دلیل کاهش مقدار دافعه و تقلیل جاذبه به فواصل کوتاه تر، فواصل بین مولکولی کاهش می یابد (دانسیتته بزرگ تر). به طور کلی هر چه فواصل بین مولکولی یک سیال بزرگ تر باشد در برابر اعمال فشار تغییر حجم بزرگ تری را تجربه خواهند کرد (درست مانند تفاوت رفتار گازها و مایعات در برابر فشار) البته با این قید که نیروی خارجی اعمالی به طور کامل قدرت غلبه بر نیروهای بین مولکولی از نوع دافعه را داشته باشد. بر این اساس نوع سیال انتخابی نهایتاً تأثیر شگرفی در رفتار سیستم هیدرولیک در تغییرات مداوم فشار خواهد داشت.

۲-۲-۲) ارتباط دما و تراکم پذیری سیال

در طی پروسه اعمال فشار و متراکم شدن یک سیال در وهله اول فواصل بین مولکولی کاهش پیدا می کند، در نتیجه تعداد برخوردهای بین مولکولی افزایش پیدا کرده و نهایتاً منجر به آزاد شدن گرما و افزایش دما می شود. به همین دلیل پروسه متراکم شدن سیال پروسه ای گرمازا است و در صورتی که در شرایط عملیاتی محیط پیرامونی ظرفیت پذیرش گرمای بیشتری را داشته باشد (دما پایین تر باشد) پروسه متراکم شدن از لحاظ سینتیکی تسهیل می شود. به عبارت دیگر در دماهای بالاتر راندمان تراکم پذیری سیال کم تر است. از بعد دیگر در دماهای بالا به دلیل افزایش انرژی جنبشی سیال و به تبع آن افزایش تعداد برخوردهای بین مولکولی تمایل به افزایش فواصل بین مولکولی وجود دارد و این کاملاً در خلاف روند متراکم شدن سیال است.

۲-۲-۳) ارتباط فشار و تراکم پذیری سیال

چنانکه گفته شد نیروهای بین مولکولی تعیین کننده میزان تراکم پذیری یک سیال است، با اعمال فشار خارجی و غلبه بر نیروهای بین مولکولی فواصل بین مولکولی کم تر می شود و سیال متراکم می شود. هر عاملی که موجب تقویت دافعه بین مولکولی شود موجب تأثیر پذیری کم تر سیال از فشار خارجی چه از لحاظ تراکم پذیری، چه اصطکاک درون مولکولی و چه ویسکوزیته می شود. بر این اساس در شرایطی که مولکول های سازنده سیال به هر دلیلی اعم از وجود هترو اتم های غنی از الکترون یا به دلیل داشتن حجم هیدرودینامیک بزرگ دارای نیروهای دافعه بین مولکولی بزرگی باشند تأثیر کم تری از فشار اعمال شده محیطی می پذیرند. گرچه این قاعده به عنوان یک قانون کلی در مورد تمامی سیالات جاری و ساری است اما در روانکارهای مختلف (از سیستم های هیدروکربنی خالص گرفته تا ساختارهای حاوی هترو اتم مانند نیتروژن یا اکسیژن) با میانگین وزن های مولکولی متفاوت (حجم هیدرودینامیک متنوع) مقدار تأثیر پذیری از فشار متفاوت خواهد بود. با توجه به ارتباط مستقیم فواصل بین مولکولی با اصطکاک و ارتباط اصطکاک با ویسکوزیته و تأثیری که ویسکوزیته از فشار می پذیرد می توان در تمامی روغن ها اعم از سنتزی یا معدنی، تأثیر فشار بر روی ویسکوزیته را با شاخص گرانیروی روغن مورد بحث مرتبط کرد. به نحوی که روغن های با شاخص گرانیروی بالاتر تأثیر تغییرات گرانیروی کم تری نسبت به فشار دارند و دلیل این امر را به فواصل بین مولکولی و تنوع مولکولی آن ها نسبت داد.

۲-۳) پایداری حرارتی - اکسیداسیونی

چنانچه گفته شده تحت تأثیر نیروهای اعمالی، سیال در یک سیستم هیدرولیک تحت انقباض و انبساط دائمی قرار دارد که مهم ترین اثر آن تولید حرارت ناشی از تبدیل انرژی جنبشی مولکول های سیال به حرارت بر اثر

بین مولکولی شود باعث تقویت نیروهای بین مولکولی و نهایتاً افزایش اصطکاک بین مولکولی می شود. پارامتری که به صورت غیرمستقیم با فواصل بین مولکولی در ارتباط است دانسیته است. بر این اساس سیالات با دانسیته بالاتر به دلیل داشتن فواصل مولکولی کوچک تر اصطکاک بالاتری را نسبت به سیالات با دانسیته کم تر (اما با ساختار شیمیایی یکسان) تجربه می کند.

۲-۱-۲) ارتباط فشار و اصطکاک

اصطکاک تابعی از نیروهای بین مولکولی و این نیرو تابعی از فواصل بین مولکولی است. در یک شرایط استاندارد مولکول های یک سیال به نحوی جهت گیری می کنند که بالاترین جاذبه و کم ترین دافعه واندروالسی را داشته باشند. بنابراین با اعمال فشار یا هر پارامتر خارجی که مولکول ها را مجبور کند به هم نزدیک شوند دافعه بین مولکولی افزایش می یابد و به تبع آن اصطکاک نیز افزایش پیدا می کند. پس هر پارامتر خارجی از جمله فشار که فواصل بین مولکولی را کاهش دهد منجر به افزایش اصطکاک و به تبع آن افزایش ویسکوزیته می شود. به طور کلی با افزایش فشار، ویسکوزیته یک سیال در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد دچار افزایش می شود بنابراین یکی از محدودیت های استفاده از فشارهای بالا افزایش شدید ویسکوزیته سیال است که ممکن است منجر به از دست رفتن خواص روانکاری سیال شود.

۲-۱-۳) ارتباط دما و اصطکاک

دما به عنوان شاخصه ای که منجر به افزایش انرژی جنبشی در هر سیستم مولکولی از جمله یک سیال می شود می تواند باعث افزایش فواصل بین مولکولی شود. بر پایه آنچه پیش از این گفته شد با افزایش فواصل بین مولکولی نه تنها دافعه بین مولکولی کاهش می یابد بلکه جاذبه بین مولکول ها نیز کاهش پیدا می کند و در این حالت مولکول ها اصطلاحاً از قید هم خارج می شوند، پس نهایتاً تأثیر دما کاهش اصطکاک بین مولکولی و به تبع آن کاهش ویسکوزیته است. در شرایط یکسان دمایی قطعاً مولکول های با وزن مولکولی بالاتر سرعت کاهش اصطکاک بین مولکولی کم تری را تجربه می کنند و دلیل آن تفاوت نرخ تبدیل انرژی جنبشی به سرعت لحظه ای است.

۲-۲) تراکم پذیری

در حالت ایده آل، سیال مورد استفاده در یک سیستم هیدرولیک بایستی دارای حداقل مقدار کاهش حجم به ازای افزایش فشار باشد تا انتقال نیرو با بالاترین سرعت و بازده انجام شود، هر چند که بهای این انتقال سریع و راندمان بالای آن انتقال شوک های فیزیکی کوچک و انواع نویزها در طی عملکرد سیستم است. از سوی دیگر در صورتی که سیال دارای مقادیر بالای تراکم پذیری باشد، نیروی اعمالی صرف متراکم کردن سیال می شود (به جای انتقال نیرو) و نه تنها انتقال نیرو به صورت کامل انجام نمی شود بلکه این انتقال با تأخیر زمانی بین اعمال نیرو و دریافت نیرو همراه خواهد بود. با افزایش ضریب تراکم پذیری سیال، اصطلاحاً سیستم نرم تر کار می کند (سیال در نقش ضربه گیر) اما این مزیت از لحاظ فنی امکان طراحی سیستم های در ابعاد کوچک را با محدودیت روبرو می کند.

۲-۲-۱) ارتباط دانسیته (فواصل بین مولکولی) و تراکم پذیری سیال

تراکم پذیری یک سیال تابعی از فواصل بین مولکولی آن سیال است، پارامتری که به صورت غیرمستقیم با دانسیته مرتبط است. دانسیته وابسته به دو پارامتر ذات گروه های عاملی تشکیل دهنده ساختار شیمیایی و حجم هیدرودینامیک مولکول های سیال است، این دو پارامتر با تأثیر بر مقدار دافعه و جاذبه نیروهای واندروالسی بین مولکول ها منجر به ایجاد گستره ای از فواصل بین مولکولی برای هر سیال می شوند (به ازای هر دمای مشخص).

تشکیل شده است. دسته سوم روغن پایه‌های معدنی هستند که بر اساس نوع افزودنی‌های شیمیایی موجود در آن و حدود مورد انتظار ناشی از این حضور به زیرگروه‌هایی نظیر HG، HH، HL، HM، HV، HR و تقسیم می‌شوند. و نهایتاً دسته چهارم که صرفاً شامل روغن‌های سنتزی غیر مقاوم در برابر آتش‌سوزی است و با کد HS شناخته می‌شود (شکل ۴). اما همگام با توسعه سیستم‌های هیدرولیک، کمیته‌های استانداردسازی مختلفی به تبیین چهارچوب‌های سیالات مختلف بر اساس نیاز سخت‌افزار و شرایط عملیاتی پرداخته‌اند که منجر به تأییدیه‌های مختلفی شده‌اند. معروف‌ترین این تأییدیه‌ها به این شرح هستند:

(۱) تأییدیه شماره ۵۱۵۲۴ از Deutsches Institute für Normung (DIN) که عمدتاً به بررسی عملکرد سیال در پارامترهای سایشی می‌پردازد.

(۲) تأییدیه Vickers M-2952-S، بررسی‌کننده‌ی نیاز سیالات مورد استفاده در تجهیزات متحرک است. عمدتاً محدودیت‌های ویسکوزیته سیال را بررسی می‌کند و الزامات تست‌های دقیق 35VQ25 پمپ‌های هیدرولیک را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

(۳) تأییدیه دنیسون HF0 که بر مبنای نیازهای سیستم‌های با عملکرد دمایی بالا شکل گرفته است. مهم‌ترین بخش این تأییدیه بررسی سایش آلیاژ برنز در پمپ‌های پیستونی افقی است.

(۴) تأییدیه شماره ۱۵۵۴۳۴ از Swedish Standard که متمرکز بر جریان پذیری خوب در دمای پایین و عملکرد مناسب سیستم‌های هیدرولیک در فضای باز تحت شرایط آب و هوایی Nordic است.

(۵) تأییدیه NATO code H515 که مبتنی بر سیالات هیدرولیک با پایه معدنی فوق‌تیمز با شاخص گرانروی فوق‌العاده بالا (حدود ۳۰۰) و جریان پذیری مناسب در دمای پائین است.

(۶) تأییدیه NATO code H537 که مبتنی بر روغن‌های هیدرولیک سنتزی با خواص بهبودیافته ضد آتش است.

اصطکاک بین مولکول‌های سیال، سیال و سطوح فلزی است، این حرارت در کنار دمای کارکرد سیستم می‌تواند سیال را به صورت پیوسته تحت شرایط حرارتی قرار دهد که می‌تواند منجر به تخریب ساختار شیمیایی سیال در حضور اکسیژن شود. بنابراین بسته به شرایط کاربری بایستی هر سیال حداقلی از این شرایط را داشته باشد تا بروز مشکلاتی نظیر تولید ناخالصی، از دست رفتن خواص روانکاری و آسیب به سخت‌افزار مورد استفاده تا حد ممکن به تأخیر افتد.

۱-۳-۲) ارتباط دما و پایداری اکسیداسیونی حرارتی

قطعاً نوع گروه‌های عاملی یک سیال که می‌توان از آن به عنوان ذات سیال یاد کرد مهم‌ترین عامل پایداری اکسیداسیونی حرارتی است، اما مشخص شده است گرما به عنوان عامل اصلی تأمین‌کننده انرژی فعال‌سازی واکنش‌های اکسیداسیون نقش اساسی در این واکنش‌ها ایفا می‌کند به نحوی که به ازای هر ده درجه سانتی‌گراد افزایش دما سرعت واکنش اکسیداسیون تقریباً دو برابر می‌شود. از این رو با اعمال شرایط دمایی جدید (دماهای بالاتر) در سیستم‌های هیدرولیک لازم است اطمینان کافی از عدم تغییر رفتار سیال در برابر فرآیند های اکسیداسیون حاصل شود.

۲-۳-۲) ارتباط فشار و پایداری اکسیداسیونی حرارتی:

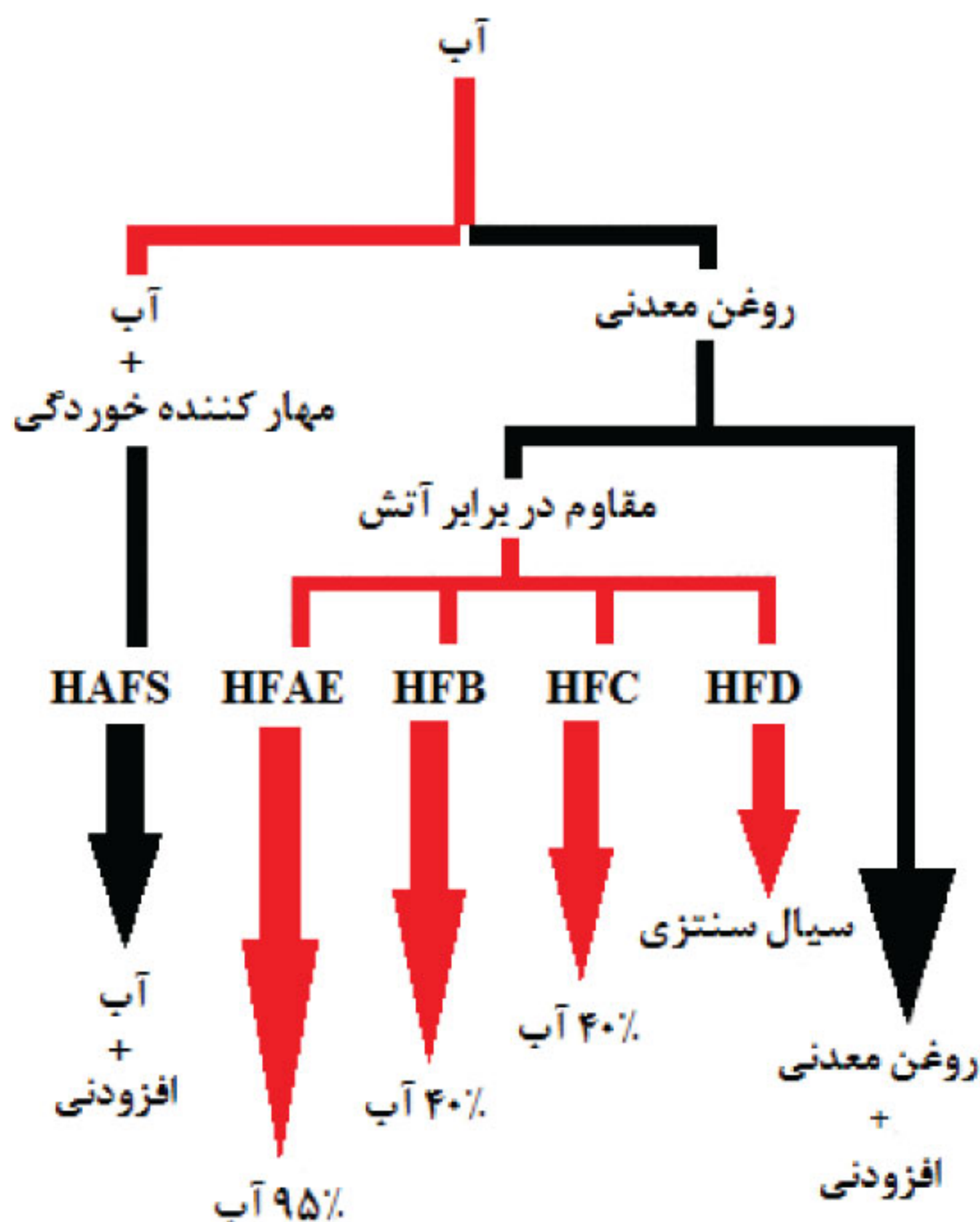
در فرآیند اکسیداسیون سیالات هیدرولیک، اکسیژن هوای محلول در سیال در نقش اکسیدکننده ایفای نقش می‌کند. به صورت تئوری واکنش اکسیداسیون سیال یک واکنش دوفازی است که سیال در فاز مایع و اکسیژن در فاز گازی وارد واکنش می‌شوند، بنابراین بر اساس اصل لوشاتلیه در چنین واکنش‌هایی اعمال فشار خارجی منجر به سوق دادن واکنش به سمت فاقد مولکول‌های گازی که در این واکنش به سمت محصولات است، می‌شود. در نتیجه با ایجاد فشارهای بالاتر در شرایط عملیاتی عملاً سرعت واکنش اکسیداسیون افزایش پیدا می‌کند. پس اعمال فشارهای بالاتر عملیاتی نیاز به بررسی پایداری اکسیداسیونی سیال در شرایط جدید را به وجود می‌آورد.

۳. چهارچوب‌های ارزیابی، دسته‌بندی و انتخاب سیالات هیدرولیک بر اساس پارامترهای متأثر از محورهای توسعه سیالات هیدرولیک:

بر اساس تنوع پارامترهای مختلف قابل بررسی در یک سیال، جهت ارزیابی عملکرد یک سیال یا انتخاب بهترین گزینه از میان چند سیال مختلف، استانداردهای مختلفی تبیین شده‌اند که معروف‌ترین آن‌ها در حوزه هیدرولیک استاندارد ISO است. در اینجا به بررسی دسته‌بندی سیالات هیدرولیک بر اساس استاندارد ISO و همچنین معروف‌ترین استانداردهای این حوزه می‌پردازیم:

۱-۳-۳) تقسیم‌بندی سیالات هیدرولیک بر اساس پارامترهای (ISO):

موسسه International Organization for Standardization (ISO) بر اساس نقشه‌ی شیمیایی سیالات هیدرولیک و خواص ویژه‌ای که از آن ترکیب شیمیایی حاصل می‌شود دست به تقسیم‌بندی سیالات هیدرولیک زده است. بر اساس این تقسیم‌بندی چهار گروه کلی سیال وجود دارد. (۱) آب، (۲) سیالات مقاوم در برابر آتش‌سوزی، (۳) سیالات مبتنی بر روغن‌های پایه معدنی و (۴) روغن‌های سنتزی غیر مقاوم در برابر آتش‌سوزی. دسته اول تحت عنوان HFAS ها شناخته می‌شوند، این دسته از آب خالص در کنار افزودنی‌هایی مانند ترکیبات ضد خوردگی تشکیل می‌شود، دسته دوم از چهار زیرمجموعه HFAB، HFAC، HFAD و HFAD در آب، HFAB امولسیون آب در روغن، HFAC شامل PAG های محلول در آب و HFAD ها که روغن‌های سنتزی مانند فسفات‌استرها، هیدروکربن‌های کلره، استرها آلی هستند،



شکل ۴- دیگرام تقسیم‌بندی سیالات هیدرولیک بر اساس استاندارد ISO

۳-۲ اهمیت پارامترهای فیزیکی یک سیال در عملکرد سیستم های هیدرولیک

نخستین تقسیم‌بندی سیستماتیک سیالات هیدرولیک توسط ISO مبتنی بر ویسکوزیته سیال در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بر اساس سانتی‌استوک بوده است (با استفاده از ASTM D445). گرچه این نوع تقسیم‌بندی هنوز هم در کنار دسته‌بندی سیستماتیک استانداردهای مختلف، در تعیین بهترین سیال برای هر سیستم هیدرولیک نقش مهمی را ایفا می‌کند. اما با توسعه سیستم‌های هیدرولیک، پارامترهای فیزیکی مختلفی علاوه بر ویسکوزیته در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حتی اجزاء شیمیایی تشکیل‌دهنده آن معیاری برای تقسیم‌بندی‌های جدید بوده است. با توسعه‌های بیشتر لازم است در انتخاب سیال سیستم‌های هیدرولیک مواردی نظیر محدودیت‌های ویسکوزیته موردنیاز این سیستم‌ها، گستره دمایی کارکرد آنها، احتمال آتش‌سوزی در سخت‌افزار، سازگاری ترکیب شیمیایی سیال با نوع آلیاژ سخت‌افزار، سازگاری سیال با الاستومرهای آب‌بند و توصیه‌های سازنده در مورد پمپ‌ها، در نظر گرفته شوند. بر این اساس لازم است پارامترهای فیزیکی متنوعی در مورد سیال ارزیابی شوند، در اینجا به شرح مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و تأثیر آنها بر عملکرد سیال می‌پردازیم:

۳-۲-۱ میزان جریان پذیری سیال در سرما

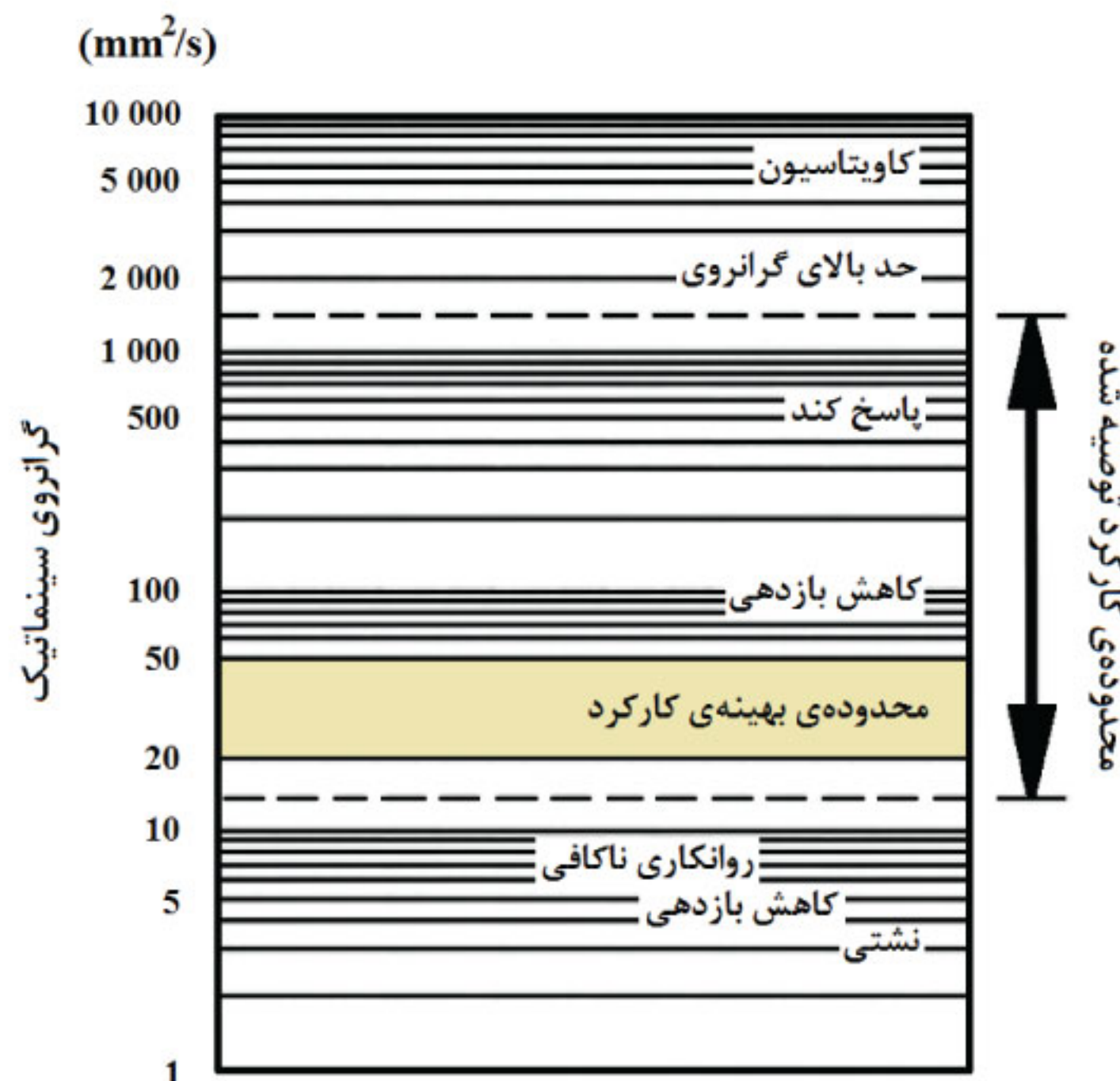
به‌منظور کارکرد بهینه یک سیستم هیدرولیک و عدم آسیب رسیدن به این تجهیز لازم است تا حداقل و حداکثر ویسکوزیته سیال مورد استفاده با حدود کاربردی سخت‌افزار همخوانی داشته باشد، عمدتاً توان پمپ‌ها عامل اصلی محدودکننده‌ی حداکثر و حداقل ویسکوزیته سیالات هیدرولیک است (جدول ۱). در حالی که حداقل ویسکوزیته سیال با اندازه‌گیری این پارامتر در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مشخص می‌شود و عملاً معیاری از پتانسیل روانکاری مرزی سیال است، اهمیت بررسی جریان پذیری سیال در سرما به دلیل لزوم کارکرد یکنواخت سیستم در شرایط سرمای محیطی، باوجود اعمال فشارهای بالا (پیش‌ازاین گفته شد که با اعمال فشار ویسکوزیته سیال افزایش پیدا می‌کند) و نیاز سیستم به جریان پذیری یکنواخت سیال در بخش‌های مختلف تجهیز مانند شیرها و اتصالات است (شکل ۵). چنانچه پیش‌ازاین شرح داده شد ویسکوزیته یک سیال ارتباط مستقیم با برآیند نیروهای بین‌مولکولی اجزاء تشکیل‌دهنده آن دارد و این نیروها نیز با نوع گروه‌های عاملی ساختار مولکولی و توزیع وزن مولکولی مرتبط است. در نتیجه جریان پذیری یک سیال به‌عنوان معیاری از ویسکوزیته به‌شدت وابسته به نوع روغن پایه مورد استفاده در تولید سیالات هیدرولیک است و بر این اساس در تعیین نوع سیال موردنیاز سیستم نقش مهمی را بر عهده دارد. میزان جریان پذیری سیال در سرما با استفاده از ASTM D97 و IP 15 اندازه‌گیری می‌شود و بایستی حداقل ده درجه کم‌تر از پایین‌ترین دمای کارکرد سیستم باشد.

ظرفیت مکش		ویسکوزیته (cSt)			نوع پمپ
bar	mmHg	حداکثر	توصیه‌شده	حداقل	
Gear					
0.57	430	1000	25	25	Plain bearings
0.57	430	1000	20	16	Ball and roller bearings
Piston					
0.03	25	200	20	8	Seated valves
0.17	125	500	25	16	Port/sliding valves
Screw					
0.64	480	500	75	25	--
Vane					
0.33	250	850	25	13	--

جدول ۱ - BASE OIL INTERCHANGE برای SEQUENCE VIII

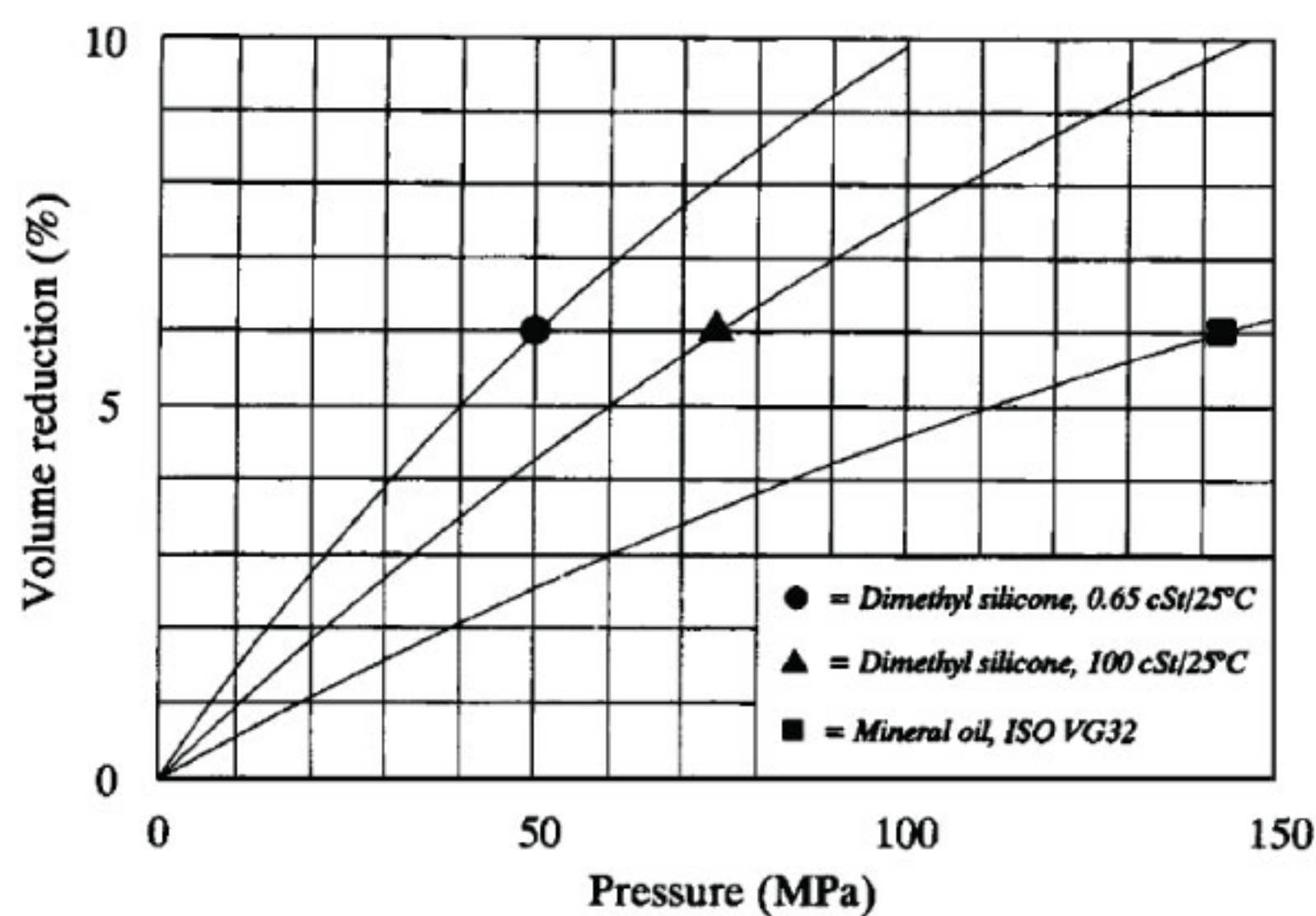
۳-۲-۲ شاخص گرانروی

تغییرات ویسکوزیته با دما یک اصل کاملاً پذیرفته‌شده است و میزان این تغییرات با پارامتر شاخص گرانروی برای روغن‌های پایه‌ی مختلف قابل مقایسه است. هرچه میزان این شاخص برای یک سیال بزرگ‌تر باشد این به معنای حساسیت کم‌تر تغییرات ویسکوزیته‌ی این سیال نسبت به دما است. در مواردی که گستره‌ی دمای عملیاتی وسیع باشد استفاده از سیالات با شاخص گرانروی بالاتر می‌تواند منجر به کارکرد یکنواخت‌تر سیستم و با حداقل هدر رفت انرژی و آسیب سخت‌افزاری شود. چنانچه گفته شد در مقیاس مولکولی ویسکوزیته برآیندی از نیروهای بین‌مولکولی است و این نیروها به دلیل ذات خود تابع فواصل بین‌مولکولی هستند پس بدیهی است با افزایش دما و افزایش انرژی جنبشی سیستم که منجر به افزایش فواصل مولکولی می‌شود، مولکول‌ها از قید هم خارج شوند و در نتیجه ویسکوزیته کاهش پیدا کند. از آنجایی‌که نوع و مقدار نیروهای بین‌مولکولی وابسته به ساختار اتمی مولکول‌های سیال است، پس به‌ازای هر نوع سیال مقدار تغییرات ویسکوزیته با دما متفاوت است. بنابراین گستره‌ی دمایی عملکرد سیال و مقدار بهینه



شکل ۵- گستره‌ی عمومی ویسکوزیته جهت عملکرد مناسب سیستم‌های هیدرولیک

نیرو است، بر این اساس است که سیستم‌های هیدرولیک ترمز خودروهای مبتنی بر سیال سیلیکون (با ضریب تراکم‌پذیری بالای ناشی از زوایای پیوندی قابل اخذ) ابعاد بزرگ‌تری نسبت به سیستم‌های مبتنی بر سایر سیالات دارند. برخلاف انتظار عدم تراکم‌پذیری سیال خواسته‌ی نهایی در این حوزه نیست زیرا با کاهش تراکم‌پذیری سیال گرچه انتقال نیرو با راندمان بالا، سرعت انتقال مناسب و در یک تجهیز با ابعاد کوچک به خوبی میسر می‌شود، اما بهای آن انتقال سریع کوچک‌ترین تنش‌های فیزیکی (نویز و لرزش) در کل سیستم است چیزی که از آن به‌عنوان نویز و خشک کارکردن سیستم یاد می‌شود (عملاً سیال نقش ضربه‌گیر بودن خود را از دست می‌دهد). پس نهایتاً مقدار تراکم‌پذیری سیال باید در محدوده‌ای قرار بگیرد که هم نیازهای مربوط به طراحی و هم انتقال نیرو با سرعت و راندمان مناسب را برآورده کند، از طرف دیگر منجر به کارکرد نرم و بدون نویز-لرزش سیستم شود. سیلیکون، سیلیکات‌استرها، فلئوروکربن‌ها و فلئوروآترها شناخته‌شده‌ترین سیالات با ضرایب تراکم‌پذیری بالا هستند که در حوزه هیدرولیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. مشخص شده است که برای دو سیال با گروه عاملی شیمیایی یکسان و صرفاً گرید ویسکوزیته متفاوت، خاصیت تراکم‌پذیری گریدهای سبک بیشتر از گریدهای سنگین است (شکل ۶). تراکم‌پذیری روغن‌های معدنی کمی بیش از آب و ترکیبات مشابه است. در روغن‌های معدنی، خانواده نفتنیک‌ها دارای بالاترین مقدار تراکم‌پذیری هستند، آروماتیک‌ها کمترین مقدار تراکم‌پذیری را دارند و پارافینیک‌ها بین این دودسته قرار می‌گیرند. این طوالی کاملاً با فواصل بین مولکولی خانواده نفتنیک‌ها و ممان دوقطبی حلقه‌های آروماتیک و نقش آن‌ها در ایجاد دافعه هم‌خوانی دارد.



شکل ۶- تاثیرات فشار بر تغییر حجم سیالات هیدرولیک

۳-۲-۶ فشار بخار سیال

در هر سیستم مبتنی بر روانکار فشار بخار پائین به معنای از دست رفتن مقدار کمتری از روانکار در طول عمر مفید آن از طریق تبخیر است (و تغییرات ویسکوزیته متعاقب آن، حتی بدون در نظر گرفتن کاهش حجم روانکار)، علاوه بر این فشار بخار پائین منجر به نقطه‌ی اشتعال بالاتر سیال می‌شود که نه تنها منجر به ایجاد محدوده‌ی امن گسترده‌تر در استفاده از سیال می‌شود بلکه امکان استفاده از این سیال در دماهای بالاتر را هم میسر می‌سازد. در سیستم‌های هیدرولیک فشار بخار سیال علاوه بر موارد ذکر شده از بعد دیگری حائز اهمیت است. فشار بخار پائین یعنی نقطه جوش بالاتر، نقطه جوش بالاتر به معنای امکان استفاده از سیال در دماهای بالاتر بدون آغاز تغییر فاز فیزیکی آن از مایع به گاز است. تغییر فاز فیزیکی از این جهت دارای اهمیت است که یک گاز نسبت به مایع نه تنها دارای حجم متفاوتی است بلکه

ویسکوزیته در این شرایط، باعث می‌شود شاخص گرانروی یکی از پارامترهای مهم در انتخاب سیال سیستم‌های هیدرولیک باشد.

۳-۲-۳ پایداری برشی

در سیستم‌های هیدرولیک به دلیل اعمال فشارهای بالا، سیال در محل پمپ‌های مورد استفاده (به‌ویژه پمپ‌های پروانه‌ای) و هنگام عبور از نازل‌ها و شیرهای کنترل تنش‌های برشی بسیار بالایی را تجربه می‌کند. این موضوع باعث شده است پس از ورود پلیمرهای بهبوددهنده‌ی شاخص گرانروی به فرمولاسیون پکیج‌های این حوزه (برای برخی تائیدیه‌های خاص مثلاً HVLP) و همچنین باهدف اطمینان از عدم تأثیر تخریبی این تنش‌ها بر سایر افزودنی‌های شیمیایی با وزن مولکولی بالا، تست‌های مربوط به پایداری برشی نیز در این حوزه مورد استفاده قرار گرفتند. میزان تأثیر تنش برشی بر مولکول‌های هیدروکربن و شبه هیدروکربنی عمدتاً تابع پارامترهایی نظیر میانگین وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و تقارن مولکولی این ساختارها است، این پارامترها در میزان توانایی یک ساختار در انتقال انرژی جنبشی تنش برشی وارده بدون ایجاد گسست پیوند چنان مؤثر هستند که در حال حاضر صرفاً پلیمرهای خانواده PMA با وزن مولکولی کم به‌عنوان بهبوددهنده‌ی گرانروی در این حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی هر عاملی که باعث جلوگیری از انتقال نیروی جنبشی تنش وارده به سیستم سیال شود، نهایتاً نرخ گسست فیزیکی پیوند های مولکولی‌های سیال را افزایش می‌دهد. بر این اساس، پایداری برشی در دماهای پائین که انتقال انرژی جنبشی در مدیوم سیال مختل می‌شود عمدتاً پائین است. پایداری برشی عمدتاً با استفاده از روش‌های ASTM D3945، ASTM D2603، DIN 51382 و IP 294 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۲-۴ وابستگی ویسکوزیته به فشار

چنانچه پیش‌ازاین شرح داده شد ویسکوزیته یک سیال به فشار اعمالی در شرایط اندازه‌گیری وابستگی مستقیم دارد و با افزایش فشار، ویسکوزیته سیال دچار افزایش می‌شود. این رابطه ناشی از تغییر تعادل نیروهای بین‌مولکولی در اثر تغییر فواصل بین‌مولکولی به دلیل اعمال فشار است. به همین دلیل مقدار تغییرات ویسکوزیته نسبت به فشار در وهله اول تابع نوع ساختار مولکولی سیال است و در مرحله‌ی بعدی مرتبط با میانگین فواصل بین مولکولی سیال است. به‌عبارت‌دیگر میزان تغییرات ویسکوزیته به فشار تابعی از شاخص گرانروی سیال است، هرچه میزان شاخص گرانروی یک سیال بزرگ‌تر باشد میزان تأثیرپذیری تغییرات ویسکوزیته‌ی آن نسبت به فشار کم تر است. وابستگی ویسکوزیته به فشار با ضریب γ مشخص می‌شود که بر اساس مطالعات انجام‌شده مقدار آن برای گستره‌ی وسیعی از سیالات در فشارهای بین ۰/۱ الی ۷۰ میلی پاسکال دارای مقادیر ثابتی است، بر این اساس با ورود به فشارهای بالاتر از این مقدار لازم است که رفتار سیال در برابر فشار به‌عنوان یکی از پارامترهای محتمل در ایجاد خلل در عملکرد سیستم هیدرولیک مورد بررسی قرار بگیرد.

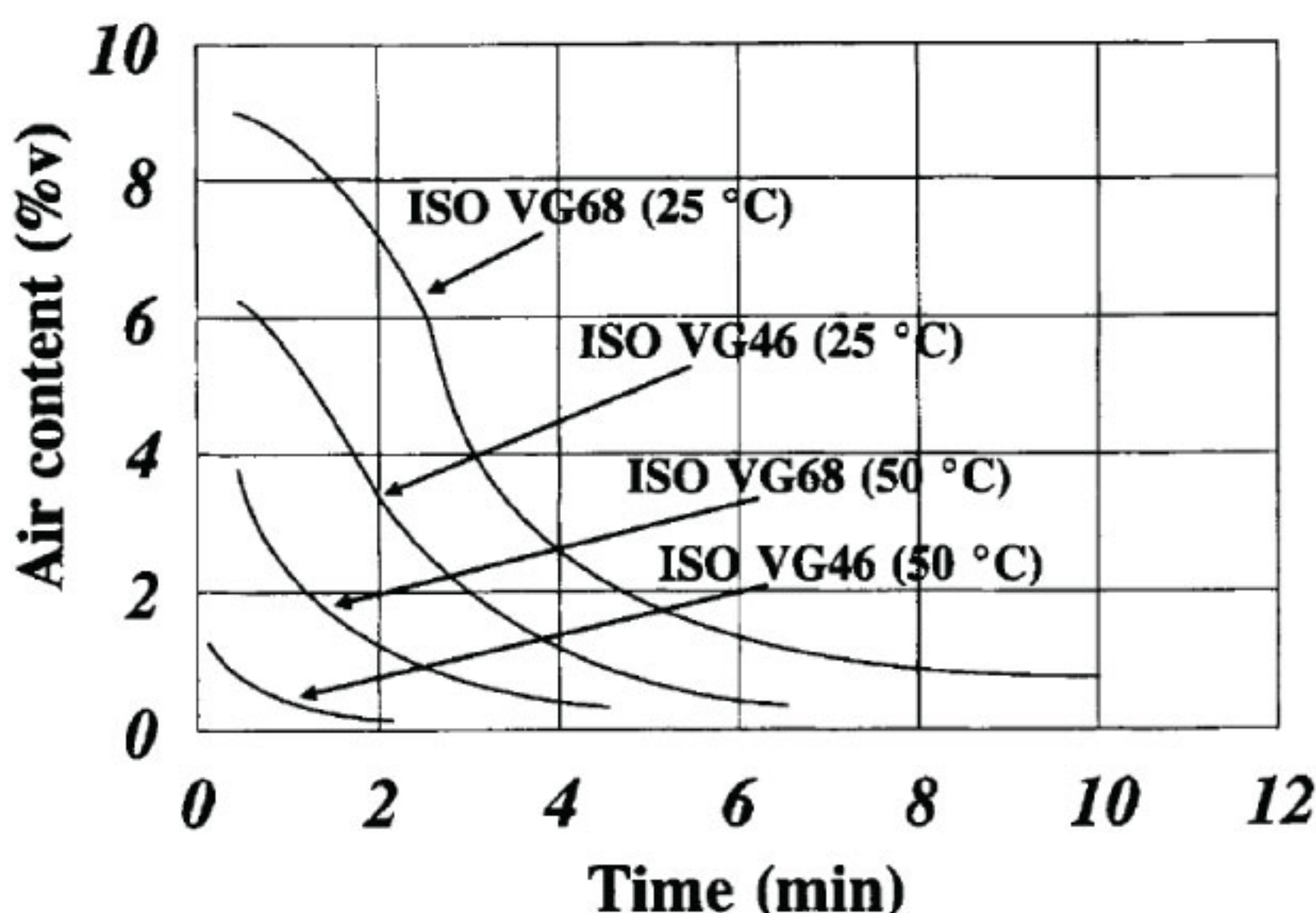
۳-۲-۵ تراکم‌پذیری سیال

بر اساس آنچه گفته شد تراکم‌پذیری تابعی از نوع گروه‌های عاملی سیال، فواصل بین‌مولکولی و نهایتاً نیروی بین‌مولکولی است، اما این پارامتر به دلیل تأثیری که در نوع طراحی سیستم و ابعاد موردنیاز جهت انتقال نیرو می‌گذارد بسیار حائز اهمیت است و به‌عنوان اولین سد در طراحی سیستم‌های با کارایی بالا در ابعاد کوچک، به شمار می‌رود. میزان تغییر حجم سیال در شرایط اعمال فشار حداکثری معیاری از طراحی ابعاد سیستم در انتقال حداکثری

عاملی است که تراکم‌پذیری سیال را به شدت افزایش می‌دهد. یک سیال هیدرولیک با حدود ۲ درصد هوای آزاد محلول در فشار ۴۰ بار، ۱۰ درصد تراکم‌پذیری بیشتری را تجربه می‌کند و این به معنای خلل اساسی در انتقال نیرو و کند شدن پاسخ‌دهی سیستم است (جدول ۲). اهمیت هوای محلول در سیستم‌های هیدرولیک از این واقعیت ناشی شده است که انحلال هوا در یک سیال متناسب با فشار مطلق اعمالی است و معمولاً با افزایش دما کاهش می‌یابد (قانون هنری). پس در شرایط واقعی عملکرد یک سیستم هیدرولیک که فشار و دما به صورت پیوسته در حال تغییر هستند صرفاً مشکل تغییر در ضریب تراکم‌پذیری وجود ندارد بلکه پدیده های کاویتاسیون و خلل در روانکاری و جریان پذیری سیال با شدت بیشتری نسبت به سایر سیستم‌های روانکاری بروز خواهند کرد. در هر سیستم که دارای گاز محلول در مایع است یک فشار حدی وجود دارد که بالاتر از آن فشار مولکول‌های گاز با یکدیگر جمع می‌شوند و به صورت فاز مجزایی از مایع خارج می‌شوند، هر چه گاز محلول در مایع مقدار بیشتری داشته باشد این دمای حدی مقادیر پایین‌تری خواهد داشت. هر چه به فشار حدی نزدیک‌تر شویم (کارکردن سیستم در فشارهای بالاتر) مولکول‌های هوای محلول در سیال به حباب‌های کوچکی تبدیل می‌شوند که در طی تلاش برای به هم پیوستن با پاره کردن دیواره خود منجر به تولید دماهای بالایی می‌شوند (دمای نقطه‌ای بین ۲۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد) که می‌تواند با سوزاندن مولکول‌های سیال اطراف خود منجر به ایجاد بوی سوختگی شود درحالی‌که عملاً پروسه احتراقی در جریان نیست (شکل ۹). سیستم‌های هیدرولیک معمولاً به نحوی طراحی می‌شوند که فشار عملکرد آنها با این فشار حدی فاصله فراوانی دارد ولی قطعاً کاهش فشار ناگهانی در این سیستم‌ها می‌تواند منجر به خروج مولکول‌های هوا به صورت کف شود (مانند باز کردن درب شیشه‌ی نوشابه). اندازه‌گیری پارامتر خروج هوا با استفاده از روش‌های DIN 51381 و IP313 انجام می‌شود درحالی‌که برای اندازه‌گیری میزان کف سیال از روش‌های ASTM D892 و IP146 استفاده می‌شود.

روغن پایه معدنی		
فشار (بار)	مقدار هوای محلول (%)	میزان کاهش حجم سیال (%)
۳۰	۱	۸۰
۲۳۰	۱	۶۰

جدول ۲- میزان فشار اعمالی بر تراکم‌پذیری سیال



شکل ۷- تاثیر دما و ویسکوزیته بر خروج هوا

ضریب تراکم‌پذیری به شدت متفاوتی نیز دارد و بر این اساس می‌تواند منجر به اخلاص در انتقال نیرو و عملکرد سیستم شود. علاوه بر این روانکاری پایین‌تر سیالات در فاز گازی و ایجاد حالت‌های کاویتاسیون مانند در اثر جدا شدن دو فاز گاز و مایع در اثر تغییرات فشار، از عواملی هستند که حتی اگر در عملکرد سخت‌افزار تأثیر منفی نداشته باشند منجر به تخریب ساختاری آن می‌شوند. فشار بخار هم مانند سایر پارامترهای فیزیکی بحث شده تابعی از نیروهای بین‌مولکولی است اما به‌طور ویژه از میانگین وزن مولکولی سیال و باریک یا پهن بودن گستره توزیع وزن مولکولی آن تأثیر می‌پذیرد. به همین دلیل در موارد استفاده خاص که تغییرات حجم سیال و پایداری گرید ویسکوزیته در کنار امکان کارایی در دمای بالا حائز اهمیت است این روغن‌های پایه سنتزی هستند که مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

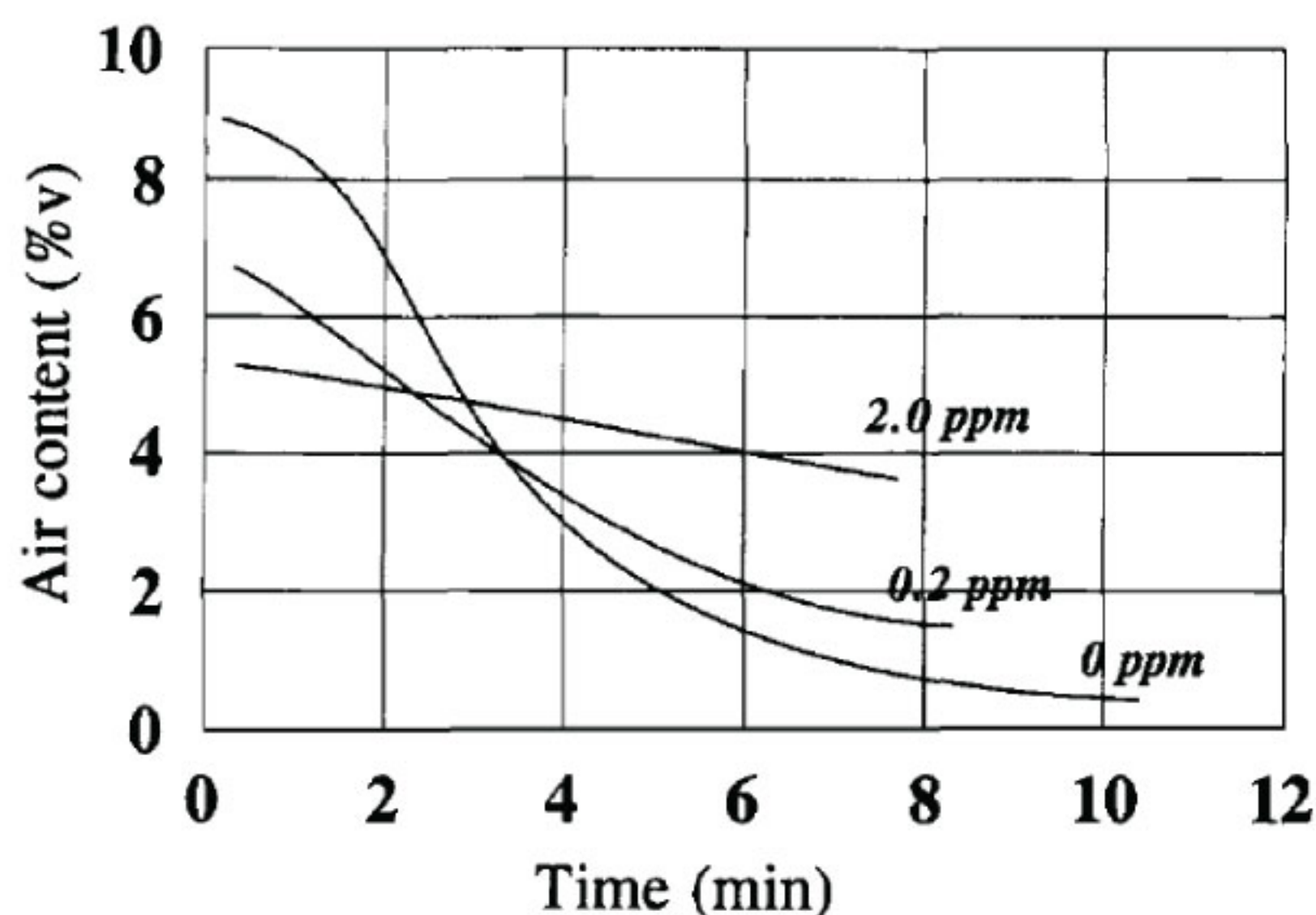
۷-۲-۳) خروج هوا و کف کردگی سیال

هر روانکار در شرایط عملکرد خود به‌واسطه تنش‌های فیزیکی و حرکت بخش‌های مختلف تجهیز همواره در معرض ورود و خروج سریع هوا قرار می‌گیرد. در شرایط عملیاتی در صورتی که کشش سطحی سیال بالا باشد منجر به ایجاد کف می‌شود، این کف کردگی به دلیل خللی که در عملکرد روانکاری ایجاد می‌کند همواره پدیده‌ای نامطلوب محسوب می‌شود. مرسوم‌ترین روش مبارزه با این پدیده کاهش کشش سطحی سیال است، در مرسوم‌ترین روش ترکیبات فعال سطح در مقادیری که منجر به جهت گیری سطحی شود به سیال اضافه می‌شوند. در مورد نحوه‌ی عملکرد افزودنی‌های ضدکف دیدگاه غالب این است که کشش سطحی پائین آن‌ها منجر به کاهش کشش سطحی کل مجموعه سیال می‌شود، هر چند از بعد مولکولی جهت‌گیری سطحی این افزودنی‌ها به دلیل تأثیری که در پارامترهای کولیگاتیو سیال می‌گذارند نهایتاً منجر به کاهش کشش سطحی سیال خواهند شد که منجر به خروج راحت‌تر هوا می‌شود. عموماً با کاهش کشش سطحی سیال مشکل کف کاملاً مرتفع می‌شود اما کاهش کشش سطحی منجر به افزایش سرعت ورود هوا به سیال می‌شود که نتیجه آن افزایش احتمال باقی ماندن هوا در سیال حتی پس از اتمام شرایط عملیاتی است. در این شرایط است که پارامتر دیگری تحت عنوان خروج هوا دارای اهمیت مضاعف می‌شود. باقی ماندن هوا در یک روانکار نه تنها به دلیل اکسیژن موجود در آن احتمال پدیده‌های شیمیایی اکسیداسیون را افزایش می‌دهد بلکه رخ دادن پدیده کاویتاسیون و ایجاد خلل در روانکاری به شدت تشدید می‌کند. با خارج شدن روانکار از شرایط کاری، هوای محلول در سیال بر اساس گرید ویسکوزیته و دمای روانکار شروع به خروج می‌کند از آن می‌کند (شکل ۷)، بر اساس آنچه گفته شد بالاتر بودن این راندمان نهایتاً منجر به عملکرد بهتر روانکار خواهد شد. ترکیبات دی‌متیل سیلوکسان به دلیل نوع تأثیری که بر روی کشش سطحی یک سیال می‌گذارند (ناشی از ساختار دی‌متیل سیلوکسان) عمدتاً همراه با رفع مشکل کف کردگی، در پارامتر خروج هوا تأثیر منفی می‌گذارند و به همین دلیل در سیستم‌های صنعتی از افزودنی‌های ضد کف با کشش سطحی بالاتر نسبت به مشتقات خانواده سیلیکون‌ها استفاده می‌شود (شکل ۸). در سیستم‌های هیدرولیک نرخ پائین خروج هوا از سیال علاوه بر معایب یادشده منجر به تغییر در ضرایب تراکم‌پذیری سیال می‌شود که نهایتاً می‌تواند منجر به عدم کارکرد درست یک سیستم هیدرولیک شود. مهم‌ترین نشانه انحلال بالای هوا در سیال هیدرولیک ایجاد نویز هنگام کار سیستم است. با افزایش انحلال هوا در سیال و عدم خروج سریع و به‌موقع آن، فواصل بین مولکولی سیال به‌واسطه مولکول‌های هوا دچار افزایش می‌شود (کاهش جزئی در دانسیته سیال نشانه بروز این پدیده است) و این

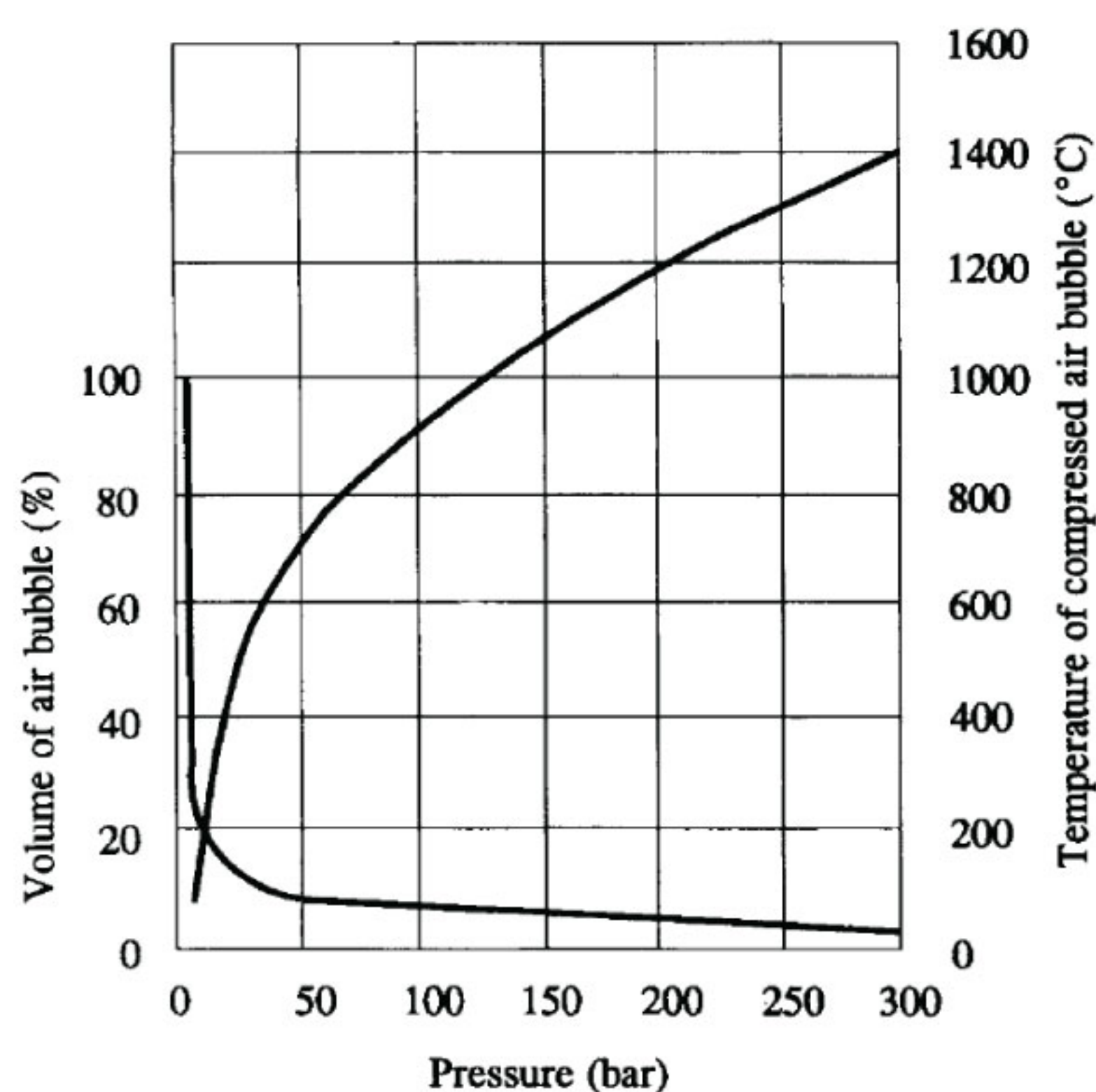
ترکیبات محافظ خوردگی هم ترکیبات قطبی هستند که برای جذب سطحی فلز شدن با مولکول‌های آب رقابت می‌کنند و بر این اساس از عملکرد تخریبی آن جلوگیری می‌کنند. تمایل تفکیک آب از سیال همواره متأثر از قطبیت سیال است و بر این اساس تابعی از فرمولاسیون سیال یعنی نوع روغن پایه و مواد افزودنی شیمیایی مورداستفاده در آن است. در اهمیت خروج آب از سیالات هیدرولیک همین بس که مشخص شده است حدود ۱۰۰ PPM آب در محیط سیال می‌تواند زنگ‌زدگی در تجهیزات را تا حدود ۴۸ درصد افزایش دهد. اما این رطوبت با این حد از اهمیت از کجا ممکن است وارد سیستم‌های هیدرولیک شود؟ راه‌های متنوعی برای ورود رطوبت-آب به سیالات هیدرولیک وجود دارد، ممکن است صرفاً از طریق رطوبت هوا و طی پروسه تقطیر و تبخیر درصد آب سیال افزایش پیدا کند، از طریق نشت از سیستم خنک‌کننده وارد سیال شود یا اینکه انتقال رطوبت از طریق انتقال سیال آلوده (ناشی از انبارش و نگهداری ناصحیح) انجام شود. بر این اساس لازم است در طراحی سیال هیدرولیک درست مانند طراحی سخت‌افزار، وجود آب و رطوبت و بهترین روش‌های رهایی از آن در نظر گرفته شود. برای اندازه‌گیری میزان تفکیک آب و سیال از روش های ASTM D1401 و برای اندازه‌گیری میزان آب موجود در سیال از روش های ASTM D1744، ASTM D95 و IP74 استفاده می‌شود. علاوه بر این پایداری سیال در برابر رطوبت/آب با استفاده از ASTM D 2619 و پایداری سخت‌افزار در برابر زنگ‌زدگی با استفاده از روش‌های ASTM D 3604 و ASTM D665b اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۲-۹ پایداری سیال

پایداری هر سیال روانکار از دو بعد حرارتی و شیمیایی قابل بررسی است که البته از طریق خط باریکی از هم متأثر و باهم مرتبط هستند. پایداری حرارتی تابعی از نوع پیوندهای شیمیایی یک ساختار مولکولی و انرژی گسست آن‌ها است. البته تقارن مولکولی ساختار واحد و توانایی آن در تبدیل انرژی حرارتی به جنبشی و بلعکس، نقش تعیین‌کننده‌ای در پایداری حرارتی سیال دارد. به‌طور کلی با کاهش تنوع مولکولی در یک ساختار، پایداری حرارتی آن نیز افزایش پیدا می‌کند. از آنجاکه افزایش شاخص گرانیوی یک سیال معادل با کاهش تنوع و توزیع وزن مولکولی سیال است، نوع روغن پایه تأثیر مهمی در پایداری حرارتی سیال و به‌تبع آن طول عمر سیال خواهد داشت. پایداری شیمیایی سیال ویژگی است که به عدم واکنش پذیری سیال (هر نوع واکنش‌پذیری) اشاره می‌کند. از آنجایی که معروف‌ترین واکنش شیمیایی که یک سیال می‌تواند درگیر آن شود اکسیداسیون است، همواره عملکرد سیال در برابر این واکنش موردبررسی قرار می‌گیرد و اضافه کردن آنتی‌اکسیدان‌ها هم در راستای محافظت سیال در برابر واکنش اکسیداسیون است. از آنجایی که بر اثر اکسیداسیون ویسکوزیته سیال نهایتاً افزایش می‌یابد، اسیدهای خورنده در مدیوم سیال و رسوبات اکسایشی بر روی سطوح داغ تولید می‌شوند، عدم مقاومت سیال در برابر اکسیداسیون منجر به کاهش چشمگیر طول عمر آن می‌شود. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر اکسیداسیون شامل نوع گروه روغن پایه و افزودنی‌های شیمیایی آن، میزان ورود هوا به سیال، حضور اجزا فلزی به‌عنوان کاتالیزور و دمای عملکرد سیال است (شکل ۱۰). تأثیرگذارترین پارامتر در پایداری اکسیداسیونی یک سیال، نوع روغن پایه مورداستفاده در فرمولاسیون است. در روغن‌های پایه معدنی گرچه با عبور از گروه I به گروه III و اعمال پالایش شدیدتر که منجر به کاهش درصد گوگرد و گروه‌های



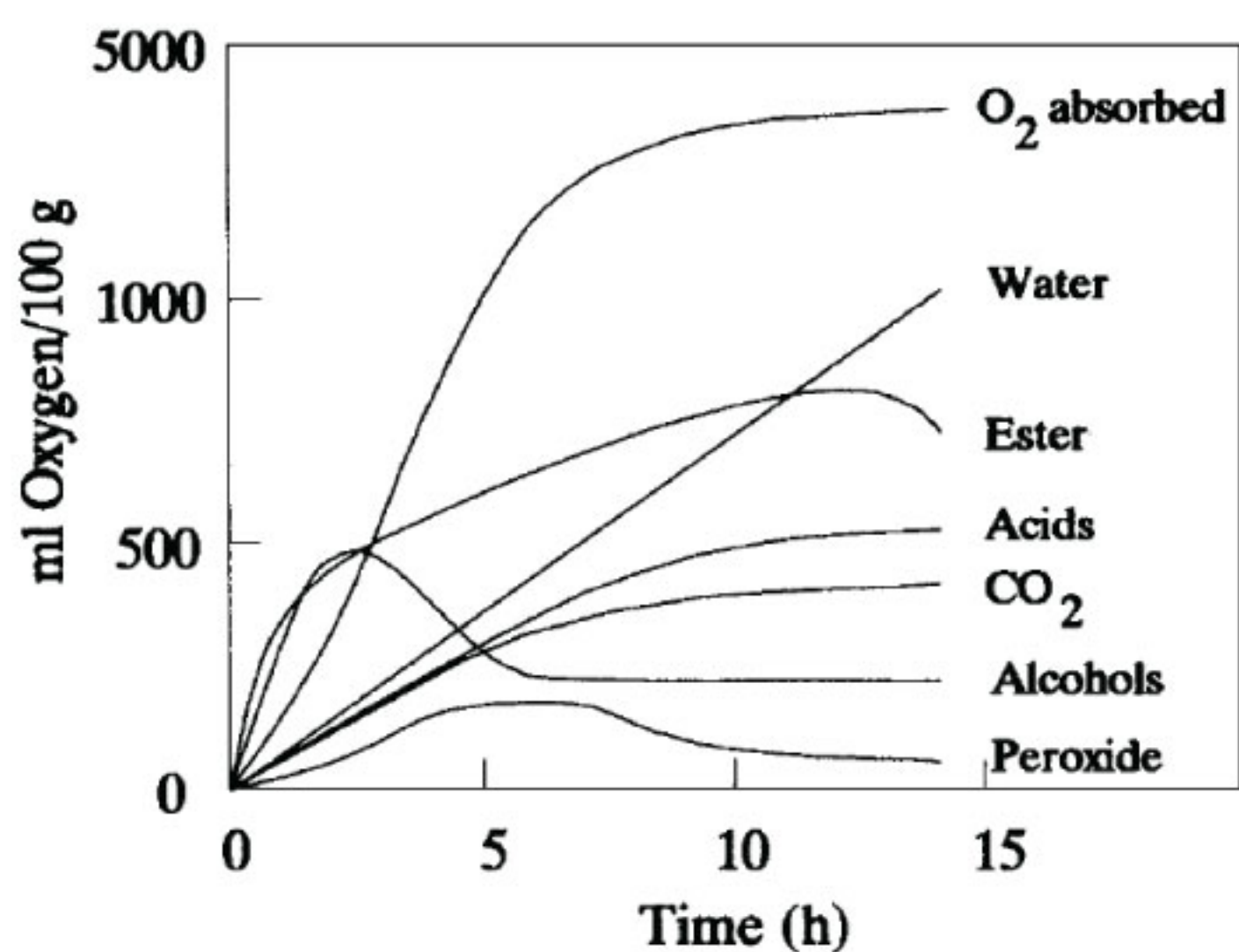
شکل ۸- تاثیر دما و ویسکوزیته بر خروج هوا



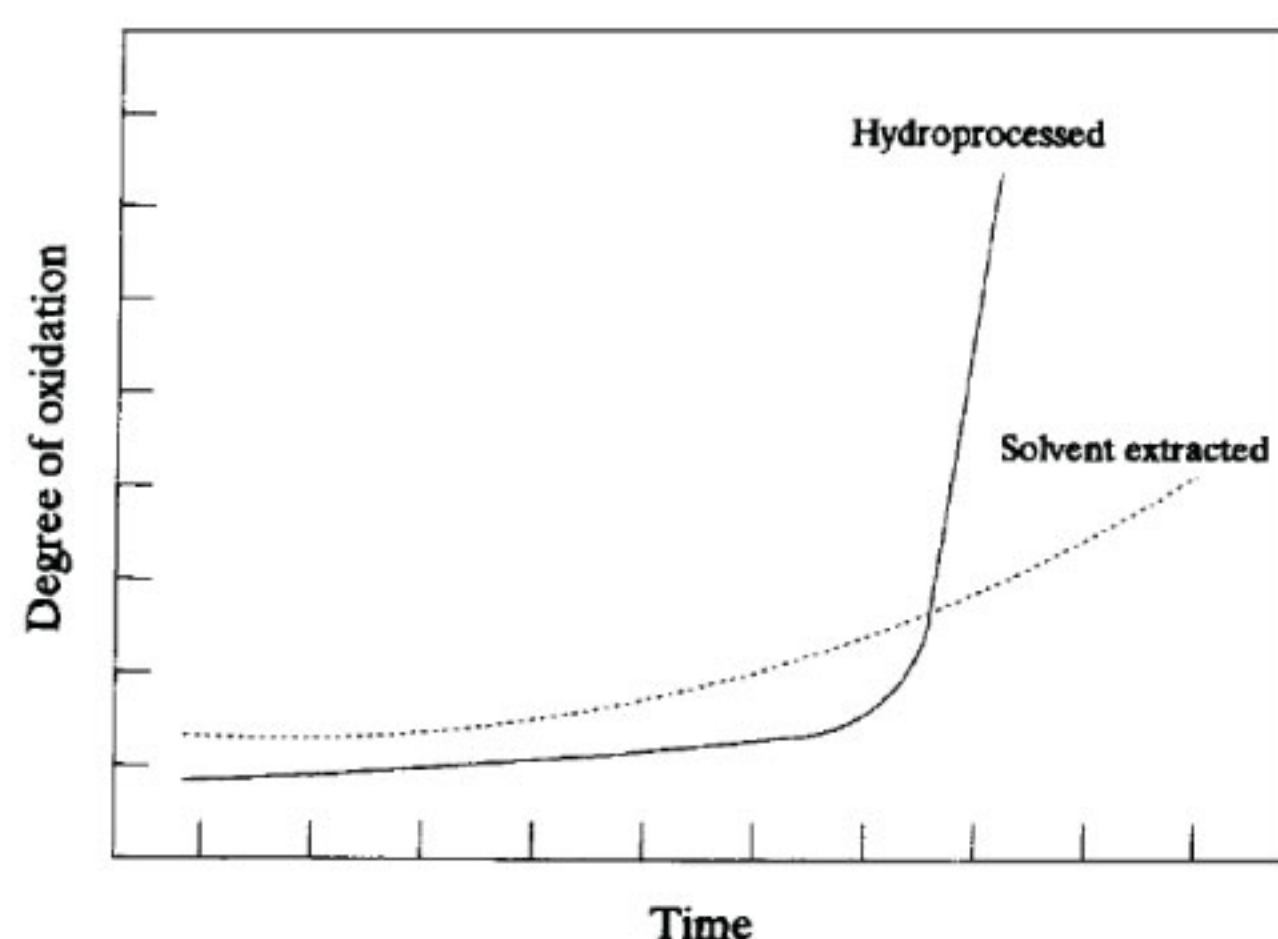
شکل ۹- تاثیر افزودنی‌های سیلیکونی بر خروج هوا

۳-۲-۸ تفکیک پذیری از آب

در سیستم‌های هیدرولیک مبتنی بر سیالات غیرآبی، تفکیک سیال از آب یکی از پارامترهایی است که هم روی عملکرد سیال و هم میزان محافظت آن از سطوح فلزی تأثیر می‌گذارد. با امتزاج آب در روغن در وهله اول ویسکوزیته سیال دچار افزایش می‌شود، این عامل از بعد مصرف انرژی، راندمان عملکرد و پاسخ‌دهی می‌تواند به شدت تأثیرگذار باشد. از طرف دیگر عدم تفکیک مناسب آب و سیال هیدرولیک در درازمدت می‌تواند منجر به ایجاد زنگ‌زدگی، خوردگی‌های فیزیکی و شیمیایی به‌علاوه تسریع در انجام واکنش‌های اکسیداسیون شود. از بعد عملیاتی در شرایطی که سیال دارای آب زیادی باشد در دماهای بالا (نزدیک به نقطه تبخیر آب) به دلیل خارج شدن آب از فاز مایع به فاز گازی می‌تواند منجر به تغییر در ضرایب تراکم پذیری و نهایتاً خلل در عملکرد سیستم شود. بر این اساس است که همواره در سیستم‌های هیدرولیک تفکیک حداکثری آب و سیال موردنظر می‌باشد. هرچند که به دلیل عدم امکان عاری کردن سیال از رطوبت، به‌منظور کاهش حداکثری عوارض ناشی از این حضور، از افزودنی‌های شیمیایی نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات محافظ خوردگی استفاده می‌شود. آنتی‌اکسیدان‌های اولیه عمدتاً به‌عنوان ترکیبات گیرانداز رادیکالی عمل می‌کنند و



شکل ۱۰- محصولات ناشی از اکسیداسیون یک سیال هیدروکربنی در طی زمان



شکل ۱۱- تاثیر پروسه‌ی پالایش در پایداری اکسیداسیونی روغن پایه‌های معدنی

عاملی آروماتیک و سایر هترو اتم‌ها می‌شود، اما در طی فرآیند اکسیداسیون باوجود اینکه روغن پایه گروه I نسبت به گروه III سرعت لحظه‌ای بالاتری در واکنش اکسیداسیون دارد اما نهایتاً طول عمر مفید روغن پایه‌های گروه I بالاتر از گروه III است. این رفتار ناشی از افزایش تصاعدی اکسیداسیون زنجیره‌ای هیدروکربن‌های گروه III در عدم حضور آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است که معمولاً روغن‌های پایه گروه I از آن بهره‌مند هستند، که منجر به تخریب ناگهانی و شدید هیدروکربن‌های این گروه می‌شود. (شکل ۱۱) بر اساس همین نوع رفتار بوده که همگام با توسعه روغن‌های پایه، توسعه‌های متنوعی در حوزه آنتی‌اکسیدان‌ها به وقوع پیوسته است. با توجه به تأثیرات شدیدی که اکسیداسیون بر سیالات حوزه روانکار می‌گذارد و عملاً مهم‌ترین عامل تخریب سیال به شمار می‌رود، از بررسی پارامترهایی نظیر ویسکوزیته و عدد اسیدی به منظور ارزیابی طول عمر مفید یک سیال هیدرولیک استفاده می‌شود. پایداری شیمیایی سیال با استفاده از بررسی پایداری آن در برابر تست‌های شبیه‌سازی شده‌ی اکسیداسیون انجام می‌شود، تست‌هایی که شبیه‌سازی سخت‌ترین شرایط اکسیداسیون و بررسی آن در کوتاه‌ترین زمان ممکن را بر عهده دارند. تست‌های مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین روش‌های بررسی پایداری اکسیداسیونی سیالات هیدروکربنی به شمار می‌روند. پایداری حرارتی معمولاً با استفاده از روش‌های ASTM D2160، ASTM D130 و C-M test مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، پایداری سیال در برابر رطوبت/آب نیز با استفاده از ASTM D2619 مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شماره	پارامتر حرارتی	سیالات مقاوم در برابر آتش‌سوزی				روغن پایه سنتزی	
		HFA	HFB	HFC	HFDR	استرها	سیلیکون
۱	ظرفیت گرمایی ویژه (J/Kg per °K)	۴۰۰۰	۳۳۵۰	۳۳۰۰	۱۲۷۰	۲۳۱۰	۱۴۶۰
۲	هدایت گرمایی (W/m per °K)	۰/۶۰	۰/۵۲	۰/۳۱	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۵

جدول ۳- پارامترهای حرارتی برخی سیالات هیدرولیک

۱۰-۲-۳ پارامترهای حرارتی

سیالات هیدرولیک علاوه بر پایداری حرارتی بالا لازم است که هم ظرفیت گرمایی بالایی داشته باشند و هم هدایت گرمایی مناسب. این دو ویژگی در راستای وظیفه‌ی یک سیال در خنک کردن سیستم سخت‌افزاری است. ظرفیت گرمایی بالا امکان استفاده از روغن در شرایط حرارتی سخت را بدون افزایش ناگهانی و شدید دما میسر می‌سازد و هدایت گرمایی مناسب سبب می‌شود سیال با انتقال مناسب گرما نه تنها وظیفه‌ی خود در نقش سردکننده سیستم را به خوبی ایفا کند، بلکه به دلیل ماند کم‌تر حرارت، احتمال تخریب حرارتی و واکنش‌های شیمیایی دما بالا را کاهش دهد. آب به‌عنوان سیالی با بالاترین ظرفیت گرمایی و ضریب انتقال حرارت همواره مهم‌ترین نقش را در سیستم‌هایی که به‌طور ویژه به پارامترهای حرارتی وابسته هستند، به عهده دارد (جدول ۳).

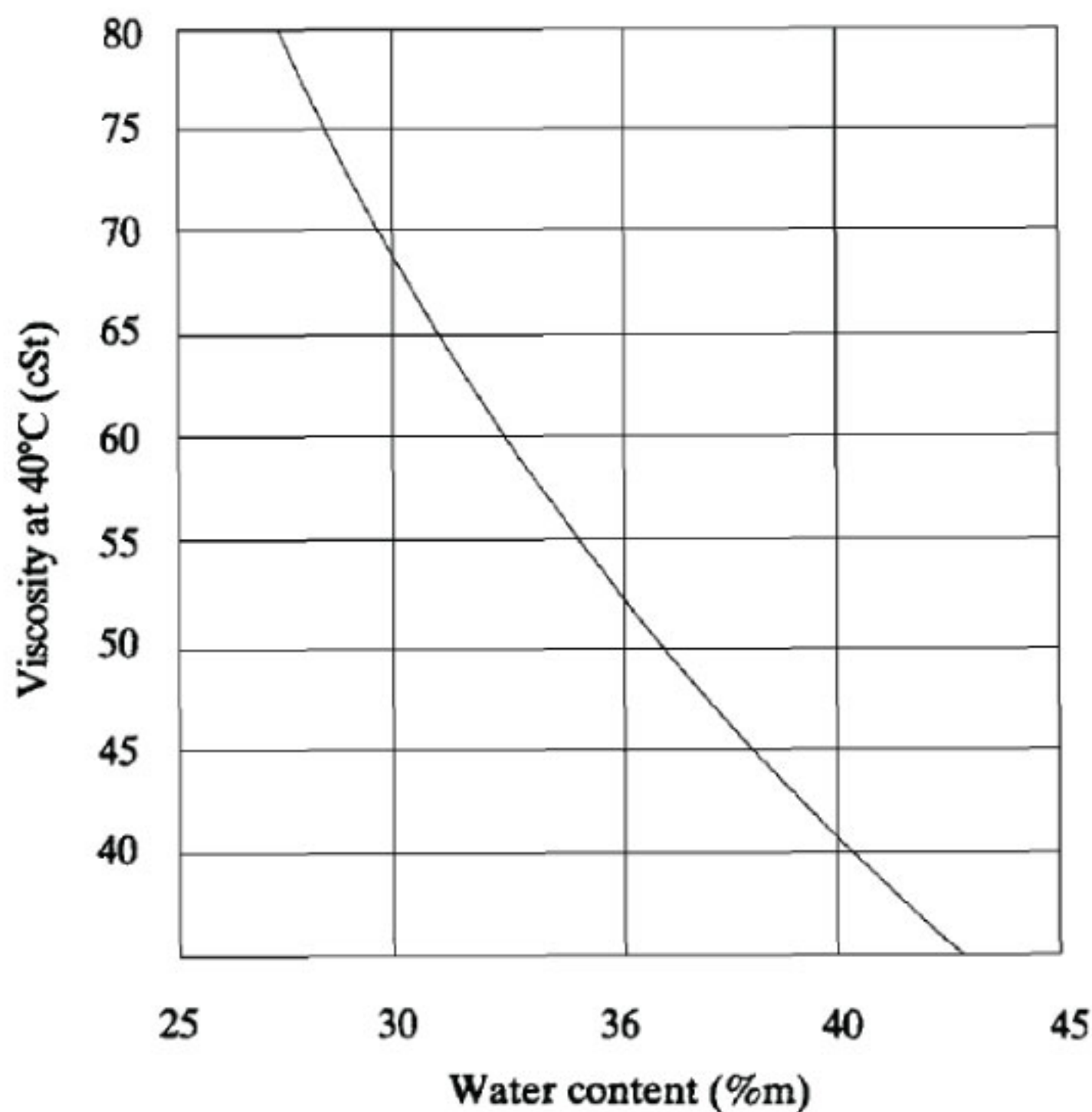
۱۱-۲-۳ مقاومت در برابر آتش‌سوزی

اولین پارامتر تأثیرگذار در اشتعال‌پذیری یک سیال وجود اجزاء با وزن مولکولی پائین است که می‌تواند با افزایش فشار بخار منجر به کاهش دمای اشتعال شود، پس اولین اقدام در کاهش احتمال آتش‌سوزی سیالات هیدرولیک استفاده از روغن‌های با پالایش قوی‌تر بوده است که با کاهش گستره توزیع وزن مولکولی منجر به کاهش خطر آتش‌سوزی می‌شوند. بر این اساس یکی از پارامترهایی که به‌عنوان معیاری از فشار بخار سیال و میزان اشتعال‌پذیری سیال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد نقطه اشتعال است، معمولاً از دو روش ASTM D 92 & 93 در اندازه‌گیری این پارامتر استفاده می‌شود که اولی روش باز و دومی روش بسته است. مشخص شده است که روش اندازه‌گیری نقطه اشتعال بسته به دلیل حساسیت بالاتری که به اجزاء فرار سیال دارد، دمای اشتعال بین ۲۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد کم‌تری نسبت به یک روش باز اندازه‌گیری می‌کند. اما تفکر استفاده از سیالات مقاوم در برابر آتش‌سوزی با حرکت در سه مسیر توسعه‌ی سیالات مبتنی بر آب، سیالات دارای ذات ضد آتش و سیالات با تمایل اندک به سوختن، در حوزه سیستم‌های هیدرولیک عملیاتی شده است. در ذیل، هر یک از این روش‌ها به‌صورت مجزا بررسی خواهد شد.

۱-۱۱-۲-۳) سیالات مبتنی بر آب

این سیالات در چهار دسته کلی آب و افزودنی‌های شیمیایی (HFAS)، امولسیون آب در روغن (HFB)، امولسیون روغن در آب (HFAE) و PAG های محلول در آب (HFC) تقسیم می‌شوند. ویژگی اصلی این چهار دسته حضور آب است که منجر به خصلت ضد آتش آن‌ها می‌شود. استفاده از آب به دلیل فشار بخار بالای آن منجر به محدودیت ۵۵ تا ۶۵ درجه سانتی‌گرادی در استفاده از این نوع از سیالات می‌شود. اما حضور آب از جهات دیگری هم دارای اهمیت است. مقدار آب سیال و حفظ آن در یک محدوده باریک دارای اهمیت مضاعفی است زیرا عامل تأثیرگذار بر ویسکوزیته سیال است و می‌تواند میزان روانکاری سیال را دستخوش تغییرات شدید کند، منجر به رشد میکرواورگانیزم‌ها در محیط سیال شود و گستره دمایی محدود عملکرد سیال را محدودتر کند. جدا از مقدار آب، کیفیت آب مورد استفاده در سیال هم در عملکرد آن بی‌تأثیر نیست تا جایی که استفاده از آب سخت منجر به ایجاد ذرات جامد کلسیم می‌شود و استفاده از آب نرم میزان فوم سیال را افزایش می‌دهد (به دلیل خواص کولیگاتیو حذف املاح). HFAS ها و HFB ها هر دو امولسیون‌هایی از آب و روغن هستند اما HFB ها به دلیل اینکه امولسیون آب در روغن هستند خواص روانکاری بهتری نسبت به HFAS ها دارند، در محدوده دمایی ۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد به کار گرفته می‌شوند و معمولاً در گریدهای ویسکوزیته ۶۸ و ۱۰۰ به بازار عرضه می‌شوند. HFC ها محلول‌های آبی از گلیکول‌ها و پلی‌آلکیلین‌گلیکول‌ها هستند. معمولاً ادتیوهای مانند افزودنی‌های ضد سایش، ضد خوردگی و ضد کف در آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. کنترل درصد آب در این سیالات با توجه به وابستگی شدید انحلال PAG ها در آب به دما در این خانواده اهمیت ویژه‌ای دارد، علاوه بر این سرعت‌بالای ورود هوا به این سیال‌ها عامل دیگری است که توجه به پارامتر خروج هوا را در آن‌ها حائز اهمیت می‌سازد. نکته جالب در مقایسه دو

خانواده HFC ها و HFB ها که هر دو دارای ۳۵ تا ۴۵ درصد آب هستند، تفاوت تغییر درصد آب در ویژگی‌های فیزیکی این دو خانواده است. با کاهش درصد آب در خانواده HFB ها نه تنها مقاومت آن‌ها در برابر آتش سوزی کاهش پیدا می‌کند بلکه ویسکوزیته سیال نیز کاهش می‌یابد در حالی که در سیالات خانواده HFC با کاهش درصد آب ویسکوزیته سیال دچار افزایش می‌شود (شکل ۱۲)، تقابلی که ناشی از نوع روغن پایه‌های مورد استفاده در کنار آب است. بررسی و پایش سیالات مبتنی بر آب در طول عمر مفید آن‌ها به شرح جدول ۴ انجام می‌شود.



شکل ۱۲- تاثیر درصد آب بر ویسکوزیته سیال

شماره	امولسیون روغن در آب (HFAE)	امولسیون آب در روغن (HFB)	آب و PAG (HFC)	فسفات‌استر (HFDR)
۱	درصد روغن	درصد آب	درصد آب	دانسیته
۲	پایداری امولسیون	پایداری امولسیون	pH	عدد اسیدی
۳	pH	ویسکوزیته	ویسکوزیته	ویسکوزیته
۴	میکروارگانیزم‌ها	میکروارگانیزم‌ها	میکروارگانیزم‌ها	رطوبت
۵	تعداد ذرات	تعداد ذرات	تعداد ذرات	تعداد ذرات

جدول ۴- پارامترهای بررسی طول عمر مفید سیالات ضد آتش

۲-۱۱-۲-۳) سیالات دارای ذات ضد آتش و سیالات با تمایل اندک به اشتعال

هر دودسته مبتنی بر روغن پایه‌های سنتزی هستند و در خانواده بزرگ HFD ها قرار می‌گیرند. HFDR ها مبتنی بر روغن پایه فسفات‌استرها هستند و به دلیل انرژی اکتیواسیون بالای احتراق، حتی با فرض آغاز فرآیند اشتعال انرژی گرمایی محیط را جذب می‌کنند و بدون اینکه مشتعل شوند نهایتاً منجر به خاموش شدن آتش و عدم پیشرفت آن می‌شوند. فسفات‌استرها عموماً شاخص گرانی پائینی دارند و از مشکل جاری شدن در دمای پائین رنج می‌برند اما مهم‌ترین مشکل آن‌ها تفاوت فاحش دانسیته آن‌ها با سیالات هیدروکربنی است عاملی که استفاده از آن‌ها را منوط به طراحی سیستم‌های مخصوص این سیالات و پمپ‌های متناسب با آن می‌کند، در نتیجه علاوه بر مسائل مربوط به سازگاری سیالات مختلف همین مشکل فنی امکان جایگزینی فسفات‌استرها را در سیستم‌های طراحی شده بر مبنای ویژگی‌های سیالات هیدروکربنی از بین برده است. HFDS ها

هیدروکربن‌های دارای استخلاف‌های هالید (عمدتاً کلر) هستند که مقاومت بالایی در برابر احتراق دارند و به‌عنوان اولین سیال ضد آتش مورد استفاده قرار گرفتند، اما به دلیل قیمت بالا توسعه آن‌ها بسیار محدود بوده است. HFDT ها مخلوطی از سیالات هیدروکربنی کلر و فسفات‌استرها است که هدف استفاده از آن به حداقل رساندن معایب استفاده از هیدروکربن کلر و فسفات‌استر به‌تنهایی و ایجاد تعادل بین ابعاد مختلف کارایی، هزینه و محدودیت‌های این دو سیال است. HFDT ها به‌صورت کلی شامل تمامی روغن‌های پایه سنتزی می‌شوند که به‌واسطه توزیع مولکولی باریک خود نقطه اشتعال بالایی دارند و عملاً جزو سیالات با تمایل پائین به اشتعال قرار می‌گیرند. هرچند که این خانواده عمدتاً با نام استرهای آلی شناخته می‌شوند اما پلی‌سیلوکسان‌ها، سیلیکات‌استرها و پلی‌فنیل‌اترها در این خانواده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر با توجه به مطرح شدن پارامترهای زیست‌محیطی، استفاده از برخی سیالات خانواده HFD ها از قبیل فسفات‌استرها و هیدروکربن‌های کلر محدود شده است. نگرانی‌های

هیدرولیک اعمال شود، بررسی سیالات جدید را اولویت بخشیده است (جدول ۵). در نتیجه در سال‌های اخیر عمده توجهات به استفاده از سایر روانکارهای سنتزی در این حوزه معطوف شده است.

زیست‌محیطی در کنار این واقعیت که با استفاده از سیالات مبتنی بر آب و فسفات‌استرها اغلب لازم است محدودیت‌هایی در فشار، rpm، نوع فیلتراسیون، نوع رنگ‌های مورد استفاده، بخش‌های الاستومری و آب‌بندها و جانمایی متفاوت برخی اجزای سخت‌افزاری نسبت به سیستم‌های مرسوم

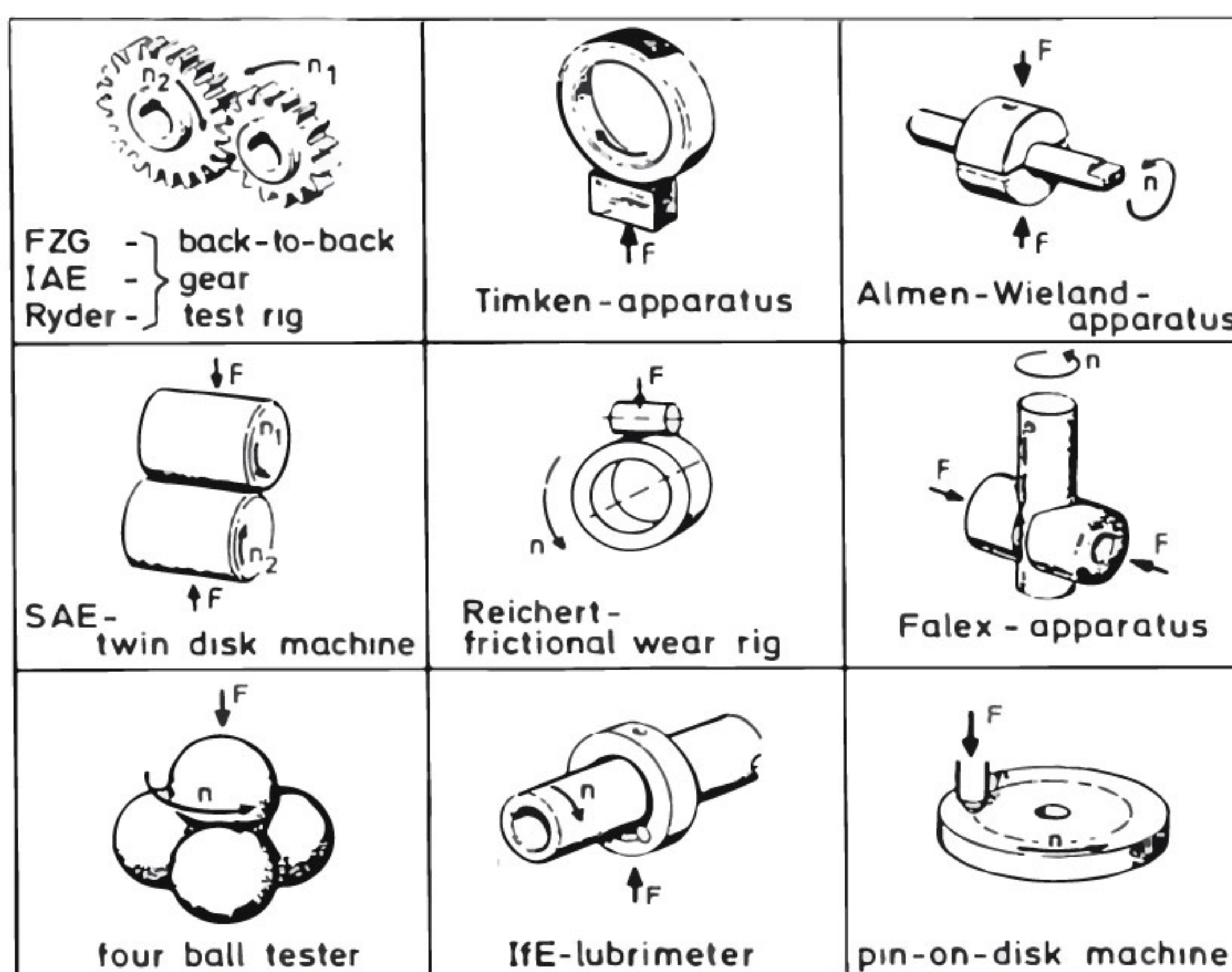
شماره	امولسیون روغن در آب (HFAE)	روغن معدنی	فسفات‌استر	آب و PAG	استرهای آلی	امولسیون آب در روغن
۱	دانسیته در ۱۵ درجه سانتی‌گراد	۰/۸۸	۱/۱۵	۱/۱۰	۰/۹۳	۱/۰
۲	شاخص گرانروی	بالا	پائین	خیلی بالا	خیلی بالا	بالا
۳	فشار بخار	پائین	پائین	بالا	پائین	خیلی بالا
۴	روانکاری	خوب	خوب	متوسط	خوب	محدود
۵	فاکتور فشار بلبرینگ	۱	۱/۲	۲/۶	۱	بالا
۶	فلزاتی که باید محافظت شوند	--	آلومینیوم	روی، کادمیوم و منیزیم	--	وابسته به pH
۷	رنگ‌های توصیه شده	اپوکسی	اپوکسی	اپوکسی	اپوکسی	اپوکسی
۸	جنس الاستومرها و آب‌بندها	نیتریل، ویتون، پلی اورتان	بوتیل، EPR، ویتون	نیتریل، ویتون	نیتریل، ویتون	نیتریل، ویتون
۹	حداکثر دمای عملکرد	۱۳۰	۱۵۰	۶۵	۱۵۰	۵۰
۱۰	کشش سطحی	۱/۵	۲/۰	۲/۹	۲/۲	بالا
۱۱	مقاومت در برابر آتش‌سوزی	ضعیف	عالی	خوب	خوب	عالی
۱۲	قیمت نسبی	۱	۵	۳	۴	۰/۲

جدول ۵- ویژگی‌های سیالات هیدرولیک ضدآتش

۱۲-۲-۳) محافظت در برابر سایش

از بخش‌های مختلف سخت‌افزار محافظت نمایند. به‌عنوان قاعده‌ای کلی هر عاملی که تمایل به جذب سطحی فلز داشته باشد می‌تواند محافظت از سطوح در برابر سایش را افزایش دهد و به‌طور کلی اساس کار افزودنی‌های شیمیایی ضد سایش نیز در قدم اول امکان جذب سطحی آن‌ها است. در سیالات فاقد افزودنی‌های شیمیایی ضد سایش تمامی مسئولیت محافظتی بر عهده سیال است، بر این اساس روغن‌های پایه با قطبیت بالاتر (دارای گروه‌های عاملی غیر هیدروکربن) به دلیل تمایل بیشتر به جذب در سطوح فلزی عملکرد بهتری را از خود به نمایش می‌گذارند. حتی در سیالات مبتنی بر افزودنی‌های ضد سایش نوع روغن پایه تأثیر شگرفی بر عملکرد نهایی سیال دارد. روغن پایه با تأثیر بر انحلال افزودنی‌های شیمیایی و میزان جذب سطحی آن‌ها و حتی گاه رقابت با این افزودنی در جذب

در سیستم‌های هیدرولیک که اساس عملکرد آن‌ها اعمال فشارهای بالا است اساسی‌ترین ویژگی سیال مورد استفاده (پس از انتقال مناسب فشار و نیرو) محافظت از سیستم در برابر سایش سطوح فلزی در تماس با یکدیگر است. در چنین شرایطی توانایی محافظتی یک سیال وابسته به متغیرهای مختلفی از قبیل نوع روغن پایه، افزودنی‌های شیمیایی مورد استفاده در فرمولاسیون سیال و نهایتاً جنس سطوح فلزی در تماس با یکدیگر است. به عبارت بهتر هر عاملی که در خواص روانکاری مرزی سیال نقش داشته باشد در قدرت محافظت سیال تأثیرگذار است. با توجه به تنوع آلیاژی مورد استفاده در سخت‌افزار یک سیستم هیدرولیک لازم است طراحی سیال به‌صورتی انجام شود که روانکاری هیدرودینامیک و مرزی به‌صورت توأمان



شکل ۱۳- روش‌های مختلف اندازه‌گیری سایش

قطعاً هیچ‌یک از این روش‌ها روش‌هایی جامع نیستند و هر یک معمولاً جهت ارزیابی عملکرد افزودنی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال آزمون شناخته‌شده FZG به‌منظور بررسی عملکرد افزودنی‌های ZDDP مورد استفاده قرار می‌گیرند و به این ترکیب شیمیایی حساس هستند. علاوه بر این مشخص‌شده است که الگوی ظاهری سایش ایجادشده در یک سخت‌افزار ارتباط مستقیمی با اجزاء شیمیایی مورد استفاده در سیال دارد.

۱۳-۲-۳) سازگاری با محیط زیست

با توسعه سیستم‌های هیدرولیک متحرک با ابعاد کوچک و ورود آن‌ها به حوزه‌های ساخت‌وساز که امکان آلوده شدن خاک و آب را به‌شدت افزایش می‌داد، بررسی مجدد سیستم‌های هیدرولیک در دستور کار قرار گرفت. اولین و مهم‌ترین پارامتری که در این زمینه مورد نظر قرار گرفت سرعت تخریب پذیری سیالات هیدرولیک واردشده به محیط طبیعی بود. بر این اساس تلاش‌ها به سمت استفاده از سیالاتی پیش رفت که روغن پایه‌های مورد استفاده در آن‌ها قابلیت تخریب شدن در محیط طبیعی را داشته باشند. سیالاتی از قبیل روغن پایه‌های با منشأ گیاهی، PAG ها و استرهای آلی. هرچند که این مسیر با ایجاد محدودیت‌های عملیاتی برای سیال طراحی‌شده همراه بود اما روند توسعه‌ای آن همچنان حفظ‌شده است (جدول ۶).

سطحی، می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد نهایی یک سیال باشد. شناخته‌شده‌ترین افزودنی شیمیایی ضد سایش ترکیبات کمپلکس فلزی دی‌تیوفسفات‌ها با فلز روی است (ZDDP)، این ترکیب در ابتدا جذب سطحی فلز می‌شود و در ادامه در فشارهای بالا از تماس مستقیم سطوح فلزی با یکدیگر جلوگیری می‌کند و به‌این ترتیب از سایش جلوگیری می‌کند. با توجه به نقش اساسی ZDDP ها در عملکرد ضد سایشی یک سیال، حساسیت بالای مشتقات مختلف این افزودنی به حرارت و رطوبت از یکسو و احتمال رقابت با سایر ادتیوها برای جذب سطحی همواره به‌عنوان موارد اساسی در فرمولاسیون سیال لحاظ می‌گردند. ترکیبات ضد سایش به‌ویژه ZDDP ها به دلیل واکنش‌پذیری شیمیایی بالایی که دارند می‌توانند در مواردی با آلیاژهای سازنده سخت‌افزار هم وارد برهمکنش شده و اثرات تخریبی مستقیمی را داشته باشند. با توجه به آنچه شرح داده شد ایجاد تعادل در عملکرد ضد سایش سیال و پایداری فیزیکی و شیمیایی آن جزو چالش‌های اساسی در طراحی سیالات هیدرولیک به‌خصوص در شرایط عملیاتی سخت‌تر است. عملکرد سیال در برابر سایش معمولاً با استفاده از روش‌های Denison P46 و Vickers 35 VQ 25A, IP 281, ASTM D2882 که عملاً بازسازی از روانکاری‌های مرزی مختلفی که در یک سیستم هیدرولیک ممکن است ایجاد شود، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (شکل ۱۳).

شماره	پارامتر مورد ارزیابی	روغن معدنی	روغن گیاهی	PAG	استر
۱	گرید ویسکوزیته	۶۸	۳۲	۳۲	۴۶
۲	شاخص گرانروی	۱۴۵	۲۱۰	۲۰۰	۱۸۰
۳	دانسیته در ۱۵ درجه سانتی‌گراد	۰/۸۸	۰/۹۲	۱/۰۳	۰/۹۲
۴	نقطه جاری شدن	-۳۰	-۳۵	-۳۹	-۴۹
۵	خواص روانکاری	+	++	+	+
۶	پایداری اکسیداسیونی	++	+	++	++
۷	پایداری رطوبتی	++	-	+	+
۸	پایداری برشی	+	++	++	++
۹	محافظت در برابر خوردگی	++	+	+	+
۱۰	انحلال‌پذیری در آب	خیر	خیر	بله	خیر
۱۱	سازگاری با روغن‌های معدنی	بله	بله	خیر	بله
۱۲	سازگاری با الاستومرهای آب‌بند	++	+	-/+	-/+
۱۳	گستره‌ی دمای عملکرد	+۹۰/-۱۰	+۷۰/-۲۵	+۱۰۰/-۲۵	+۱۰۰/-۳۰
۱۴	زیست‌تخریب‌پذیری (درصد)	۲۰	۹۸	۹۰	۸۵
۱۵	نسبت قیمت به روغن‌های معدنی	۱	۳-۲	۴-۳	۶

جدول ۶- مقایسه روغن‌های زیست‌تخریب‌پذیر با روغن معدنی

مناسب سیال امکان‌پذیر می‌شود و برای خروج ذرات معلق نیز از یک سیستم فیلتراسیون پیوسته استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال در یک سیستم هیدرولیک با حجم کم‌تر از ۴۰ لیتر سیال بین ۱ تا ۳۰۰۰۰۰۰ ذره با ابعاد کم‌تر از ۱ میکرومتر وجود دارد که عامل اصلی (حدود ۸۰ درصد) بروز مشکلات عملکردی در این سیستم‌ها هستند. ناخالصی‌های موجود در سیال می‌توانند ناشی از سایش فیزیکی-مکانیکی سخت‌افزار باشند، ناشی از برهمکنش‌های شیمیایی ترکیبات فعال موجود در سیال باشند یا از خارج سیستم (مانند گردوغبار) وارد سیستم شده باشند، درحالی‌که ناخالصی‌های فیزیکی - مکانیکی یا در زمان راه‌اندازی سیستم و بر اثر فعالیت‌های ساخت‌وساز وارد شده‌اند یا بر اثر سایش در طی عملکرد سیستم تولید شده‌اند، ناخالصی‌های شیمیایی عمدتاً بر اثر وجود رطوبت محیطی و واکنش با اجزاء شیمیایی فعال در محیط سیال تولید می‌شوند. ناخالصی‌های خارجی هم

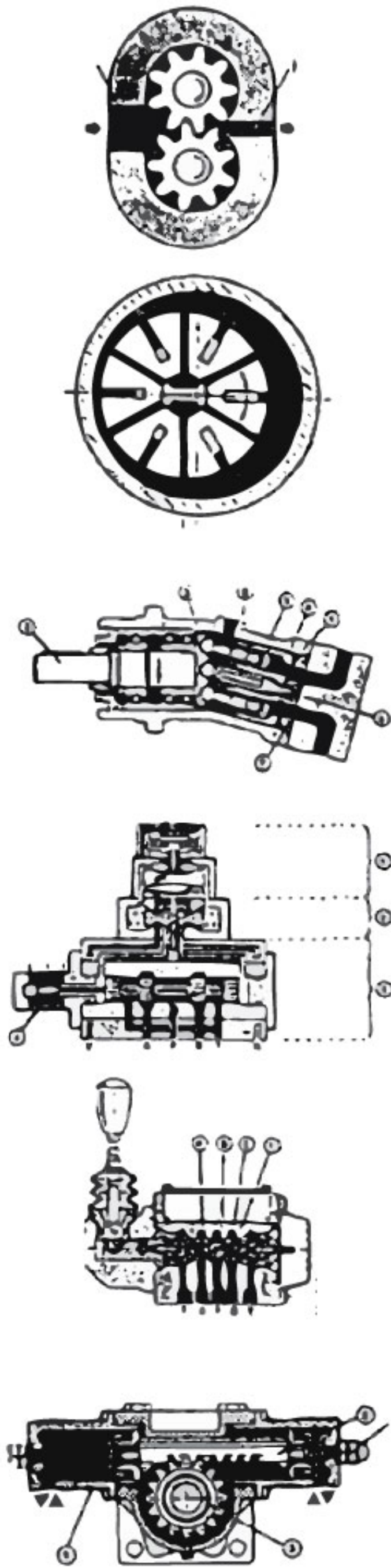
۱۴-۲-۳) عاری بودن از ذرات معلق جامد و شبه جامد

از آنجایی که سیستم‌های هیدرولیک بر اساس انتقال نیرو از طریق جریان پیدا کردن سیال در فواصل بین سطحی بسیار کوچک و از طریق شیارهای کنترل با منافذ کاملاً دقیق طراحی شده‌اند، اولین و مهم‌ترین عاملی که منجر به ایجاد خلل در عملکرد آن‌ها شود وجود ذرات معلق جامد و شبه جامدی است که می‌توانند این منافذ و مسیرها را مسدود کنند. با کاهش ابعاد سیستم‌های هیدرولیک نقش ذرات معلق موجود در سیال بسیار پررنگ‌تر می‌شود. عموماً نوع پمپ‌های مورد استفاده در سیستم‌های هیدرولیک و میزان حساسیت آن‌ها است که سطح قابل قبول تمیزی سیال را تعیین می‌کند (شکل ۱۴). از این رو لازم است در وهله اول از ایجاد و ورود این ذرات جامد در/به سیالات هیدرولیک جلوگیری شود، در مرحله بعدی لازم است این ذرات از سیال و سیستم هیدرولیک خارج شود. مورد اول با انتخاب

بر اثر هوادهی از شیرها، الاستومرها و نشت سایر سیالات می‌توانند وارد سیال هیدرولیک شوند. به‌طور کلی ذرات معلق ناشی از تخریب فیزیکی سخت‌افزار در سطح فیلتر منجر به ایجاد کیک‌های جامد مانند می‌شوند در حالی که افزودنی‌های شیمیایی که عمدتاً ساختار صابون‌مانند دارند در اثر وجود رطوبت محیطی می‌توانند منجر به ایجاد بلاک‌های ژله مانند در سطح فیلتر و انسداد سریع‌تر آن‌ها شوند (پایداری رطوبتی سیال از این بعد نیز دارای اهمیت فراوانی است). علاوه بر ذات ذرات معلق ابعاد این ذرات هم بر رانندگی فیلتراسیون تأثیر می‌گذارند، در حالی که ذرات بالای ۵ میکرومتر تمایل به تشکیل کیک‌های جامد دارند، اجزاء کوچک‌تر از ۵ میکرومتر و ذرات ژله مانند منجر به انسداد تخلخل فیلترها و نهایتاً اختلال در جریان سیال می‌شوند. بر اساس آنچه گفته شد جهت جلوگیری از تأثیر نامطلوب انسداد فیلتر بر جریان سیال بایستی وضعیت فیلتر به‌صورت پیوسته مورد ارزیابی قرار گیرد. یکی از پارامترهایی که با این هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد **Filter Factor (F.F)** است که نسبت حجم سیال فیلتر شده به حجم روغن فیلتر شده را بیان می‌کند و عملاً معیاری از توانایی یک فیلتر در جدا کردن ذرات معلق است و ملاک انتخاب زمان مناسب تعویض فیلتر است. ناخالصی‌های تولیدشده/ واردشده به سیالات هیدرولیک اگر ابعادی داشته باشند که منجر به اختلال در مسیر چرخش سیال و مشکل انسداد فیلترها هم نشوند نهایتاً منجر به ایجاد تأثیر منفی بر روی پارامترهایی نظیر تفکیک‌پذیری از آب، آزاد شدن هوا، پایداری در برابر اکسیداسیون و تولید کف می‌شود، از این رو لازم است به هر طریقی سیال از حضور این ناخالصی‌ها عاری شود.

۱۵-۲-۳) سازگاری سیال با الاستومرها

با توجه به نقش مهم و حیاتی الاستومرها در تفکیک سیال نواحی مختلف سیستم سخت‌افزاری و جلوگیری از نشت و خروج سیال در این سیستم‌ها، لازم است سیال نه‌تنها منجر به تخریب این پلیمرها از طریق واکنش شیمیایی نشود بلکه از طریق سازگاری فیزیکی مناسب و ایجاد حالت تورم در پلیمرها عملکرد آن‌ها در محافظت از خروج سیال را تسهیل کند. اولین پارامتر تأثیرگذار در این تعامل اجزاء شیمیایی سیال و قطبیت آن‌ها و نوع گروه عاملی پلیمر مورد استفاده است. سازگاری سیال و الاستومرها معمولاً با استفاده از روش‌های ASTM D3604 و IP 278 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و پارامترهایی مانند تغییر شکل و اختلاف وزن معیار نتیجه‌گیری در مورد این آزمون‌ها است.



Gear Pumps

Gear to side plate 0.5-5
Gear tip to housing 0.5-5

Vane pumps

Vane tip to stator 0.5-1
Vane to side plate 5-13

Piston pumps

Piston to cylinder 5-40
Cylinder to valve plate 0.5-5

Servo valves

Jets 130-450
Spool to housing 1-4

Control valves

Jets 130-10 000
Spool to housing 1-23
Seated valves 13-40

Actuators

Piston to cylinders 50-250
Hydrostatic bearings 0.5-25

شکل ۱۴- فواصل بین بخش‌های مختلف پمپ‌های هیدرولیک (میکرومتر)

جمع‌بندی بخش اول:

سیستم‌های هیدرولیک در طول عمر خود همواره در حال توسعه به سمت نائل شدن به بالاترین راندمان و کارایی بوده‌اند، این روند توسعه‌ای همواره با ایجاد نیازهای جدید عملکردی و محافظتی جدید برای سیستم‌های هیدرولیک همراه بوده‌است که چالشی اساسی در طراحی سیالات جدید هیدرولیک به شمار می‌رود. غلبه بر این چالش صرفاً با شناخت نیازهای سخت‌افزاری، پتانسیل روغن پایه و افزودنی‌های شیمیایی مورد استفاده در فرمولاسیون سیال میسر خواهد بود که پیش‌شرط آن رجوع دوباره به مفاهیم پایه، شناخت آن‌ها و بررسی ارتباط بین آن‌ها است. براساس مفاهیمی که در این مقاله شرح داده شد، در مقاله بعدی سعی خواهیم کرد به توصیف سیالات ایده‌آل حوزه هیدرولیک و بررسی ارتباط آن با نیازهای جدید سخت‌افزاری و استراتژی‌های مورد استفاده در طراحی و مهندسی این سیالات بپردازیم.

منابع:

1. Performance Testing of Hydraulic Fluids, Institute of Petroleum, seminar, London, 1978.
2. van der Wulp, J.J. Hydrauliek, Spruyt, Van Mantgem & De Does bv, Leiden, Netherlands, 1992.
3. Asle, N.Y., Handbook of Lubrication-Theory and Practice of Tribology CRC Press Inc., Florida, 1989.
4. Hydraulic-Pneumatic Symposium proceedings, Oslo. HP-Foreningen, Oslo, 1991.
5. Proceedings, Conference on Synthetic Lubricants, Sopron. Hungarian Hydrocarbon Institute, Szdzhombatta, 1989.
6. Hatton, D.R, Some Practical Aspects of Hydraulic Fluids, Technical paper, Shell International, London, 1989.
7. Totten GE, De Negri VJ, editors. Handbook of Hydraulic Fluid Technology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2012.
8. Totten GE, Kinker BG, editors. Fluid viscosity and viscosity classification. In: Handbook of Hydraulic Fluid Technology. NewYork: Marcel Dekker; 2000.



نمایشگاه بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی ایران یکی از مهم ترین نمایشگاه های تخصصی در زمینه نفت و گاز در جهان به شمار می آید که هر ساله در محل نمایشگاه بین المللی تهران برگزار می شود و موجب به روز شدن شرکت ها از جنبه های مختلف می شود. فعالان صنایع نفت و پتروشیمی از این فرصت برای ارائه دستاوردها و محصولاتشان استفاده می کنند و با بررسی نیازهای بازار سعی در برنامه ریزی برای فعالیت های آتی مورد نیاز می کنند.

امسال هم بیست و چهارمین نمایشگاه بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی در تاریخ ۱۱-۱۴ اردیبهشت در محل نمایشگاه بین المللی تهران با حضور وزیر نفت، معاونان وزارتخانه ها و مدیران شرکت های مرتبط و برخی نمایندگان مجلس افتتاح گردید. در این نمایشگاه صدها شرکت از ایران و کشورهای اسپانیا، آلمان، ایتالیا، اوکراین، چین، روسیه، هلند و آذربایجان جدیدترین تجهیزات، صنایع، ماشین آلات و خدمات خود را ارائه و در معرض دید علاقمندان قرار دادند.

شرکت های داخلی در ۳۵۹۷۷ مترمربع فضای سرپوشیده و ۸۹۸۶ متر مربع فضای باز و غرفه های خارجی نیز در ۲۰۹۴ مترمربع فضای سرپوشیده و ۱۶۵ متر فضای باز مستقر شدند که شامل ۱۰۴۷ غرفه داخلی و ۱۰۶ غرفه خارجی از ۲۱ کشور جهان بوده که از این میان، ۶ کشور به صورت پویون حضور داشتند.

شرکت افزون روان، با برپایی غرفه ۶۴ متری در سالن ۷، به شکلی فعال در نمایشگاه شرکت نمود و با حضور مدیرعامل، مدیران و کارشناسان متخصص شروع به کار کرد. این شرکت با برگزاری نشست ها و دیدارهای تخصصی در حوزه های فنی، بازرگانی و فروش سهمی در بالا بردن سطح همکاری با مدعوین و فعالان بالقوه و بالفعل مراجعه کننده داشت. از طرف دیگر کارشناسان افزون روان با بازدید از غرفه های شرکت های مرتبط با حوزه روانکار و برگزاری نشست با افراد مهم و کلیدی این صنعت تعاملی سازنده را با آنها برقرار کرده و برای فعالیت های مشترک آتی زمینه سازی کردند.

بیش از ۷۰ جلسه تخصصی در غرفه شرکت افزون روان و بیش از ۴۰ جلسه در غرفه فعالین صنعت روانکار و با حضور نمایندگان شرکت افزون روان در طول این نمایشگاه برگزار گردید. کارشناسان شرکت افزون روان در جلساتی که با شرکت های دانش بنیان داشتند، حوزه هایی که این شرکت ها توانایی فعالیت در آن را دارند، مورد بررسی قرار داده و با این تعاملات سعی در پیشبرد دانش و اقتصاد کشور در زمینه تولید ملی و افزایش همکاری با تولیدکنندگان بالقوه حوزه روانکار دارند.





● امیرحسین ثقفی
جمع‌آوری و تدوین خبر

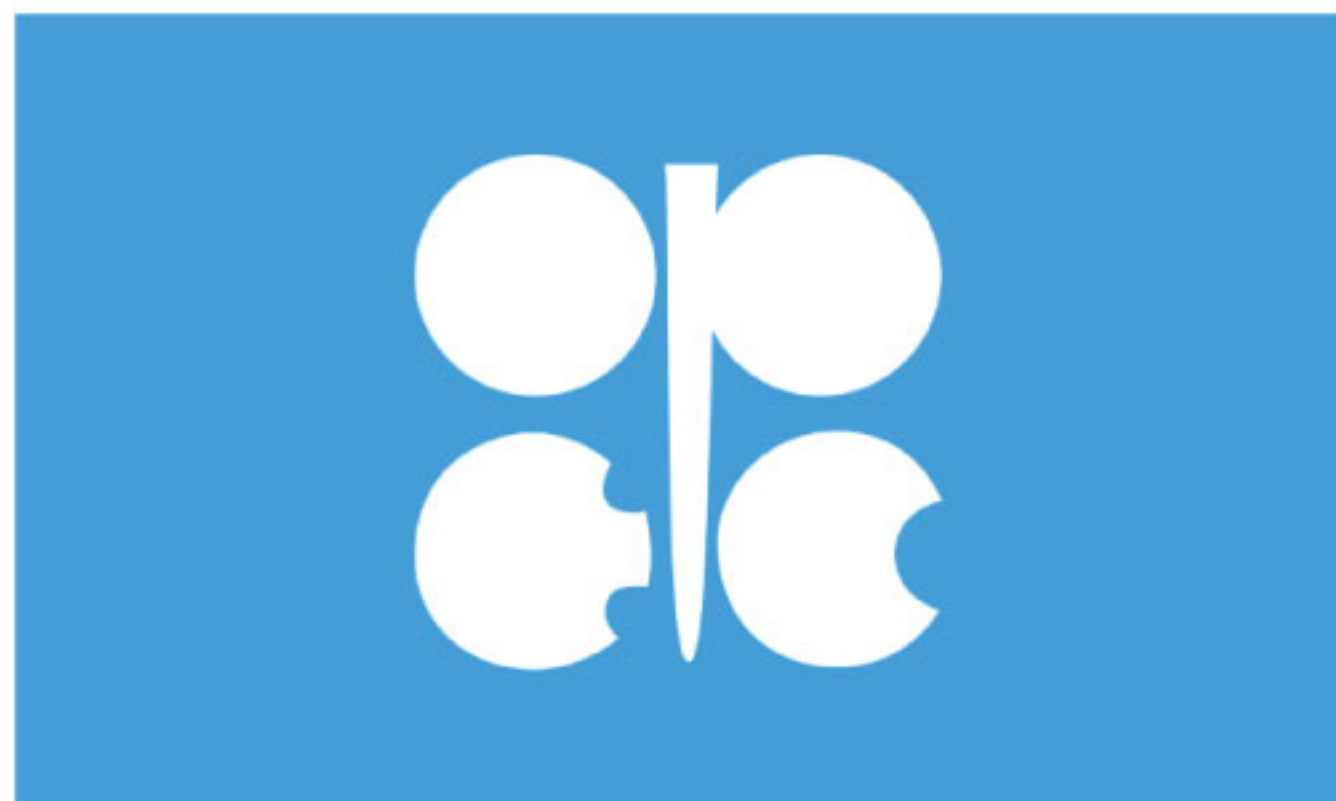


چاپ کتاب اصول روانکاری توسط شرکت نفت سپاهان

هم‌زمان با برگزاری بیست و چهارمین نمایشگاه بین‌المللی نفت و گاز که هر ساله در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار می‌شود، طی مراسمی از کتاب "اصول روانکاری" در غرفه شرکت نفت سپاهان رونمایی شد. کتاب اصول روانکاری که ترجمه کتاب "Lubrication Fundamentals" نوشته مشترک دان پیرو، مارتین وبستر و اکهارد دشنر است، کتابی معتبر در صنعت روانکاری محسوب می‌شود که توسط شرکت نفت سپاهان ترجمه و به چاپ رسیده است.

نفت سنگین ایران ارزان شد

گزارش اوپک بر مبنای آمار منابع ثانویه نشان می‌دهد تولید نفت ایران در ماه ژوئن به ۲,۲۲۵ میلیون بشکه در روز رسید که ۱۴۲ هزار بشکه در روز در مقایسه با تولید ۲,۳۶۷ میلیون بشکه در روز در ماه ژوئن، کاهش نشان داد. طبق آمار منابع ثانویه، مجموع تولید اوپک که متشکل از ۱۴ کشور است، در ماه ژوئن ۲۹,۸۳ میلیون بشکه در روز بود که نسبت به ماه پیش از آن ۶۸ هزار بشکه در روز کاهش داشت. قیمت نفت سنگین ایران در ماه ژوئن ۶۰ دلار و ۸۸ سنت در هر بشکه بود که در مقایسه با ماه مه ۶۷ دلار و ۸۶ سنت در هر بشکه، ۶ دلار و ۹۸ سنت کاهش داشت. میانگین قیمت نفت سنگین ایران از ابتدای سال ۲۰۱۹ تاکنون ۶۳ دلار و ۲۶ سنت در مقایسه با ۶۶ دلار و ۸۹ سنت در سال ۲۰۱۸ بوده است. ارزش سبد نفتی اوپک در ماه ژوئن حدود هفت دلار یا ۱۰ درصد کاهش پیدا کرد و به ۶۲ دلار و ۹۲ سنت در هر بشکه رسید که دومین کاهش ماهانه متوالی بود و ارزش این سبد به همراه شاخص‌های قیمت نفت به شدت افت کرد.



استراتژی جدید ایران برای مقابله با تحریم: پیش فروش نفت

به گزارش خبرگزاری تسنیم به نقل از اندیشکده آمریکایی شورای آتلانتیک، اسحاق جهانگیری معاون رئیس جمهور ایران در هشتم جولای اعلام کرد هر کشور قدرتمندی که می‌خواهد با ایران کار کند، می‌تواند نفت ایران را پیش خرید کند. ایران سعی دارد مشتریان سنتی خود را قانع کند نفت را برای تحویل در آینده در ازای سرمایه گذاری کالا یا خدمات بخرند. پیش فروش نفت قرار است تحریم‌های آمریکا را دور بزند. این استراتژی می‌تواند تأثیر تحریم‌های آمریکا را از بین ببرد. هر کشوری که به صورت اعتبار، کالا یا سرمایه گذاری به ایران پول قرض بدهد، در کوتاه مدت پس خواهد گرفت. بنابراین این کار صادرات نفت ایران به مشتریان سنتی آن را در آینده برای تسویه این بدهی‌ها تضمین می‌کند. همچنین کمک می‌کند تأثیر تحریم‌ها کاهش یابد.



تکمیل بخش دریایی فاز ۱۴ پارس جنوبی پیش از زمستان ۹۸

مجری فاز ۱۴ پارس جنوبی با بیان این که با برداشت گاز از سومین سکوی فاز ۱۴ تولید گاز از این پروژه به ۴۲ میلیون مترمکعب می‌رسد، گفت: با تکمیل بخش دریایی فاز ۱۴ تا پایان آذر ماه تولید گاز از این پروژه به ۵۶ میلیون مترمکعب در روز خواهد رسید.





MX 5113

بسته افزودنی
روغن موتور بنزینی

کاربرد:

مناسب جهت تولید روغن موتورهای
بنزینی مطابق با الزامات API SN, SM/CF

مزایا:

جهت تولید آخرین سطوح کارایی و همچنین
موتورسیکلت چهار زمانه (JASO MA-2)

قابلیت به کارگیری در درجه‌های
گرانروی:

20W-50, 15W-40, 10W-40



MX 5114

بسته افزودنی
روغن موتور بنزینی

کاربرد:

مناسب جهت تولید روغن موتورهای
بنزینی مطابق با الزامات API SL/CF

مزایا:

سطوح کارایی بالای خودروهای سواری و
موتورسیکلت چهار زمانه (JASO MA-2)

قابلیت به کارگیری در درجه‌های
گرانروی:

10W-30, 10W-40, 15W-40, 20W-50



MX 5116

بسته افزودنی
روغن موتور بنزینی

کاربرد:

مناسب جهت تولید روغن موتورهای
بنزینی مطابق با الزامات API SN

مزایا:

ویژگی خاص این محصول قابلیت تولید
درجه‌ی گرانروی 5W40 است.

قابلیت به کارگیری در درجه‌های
گرانروی:

10WXX, 15W-XX

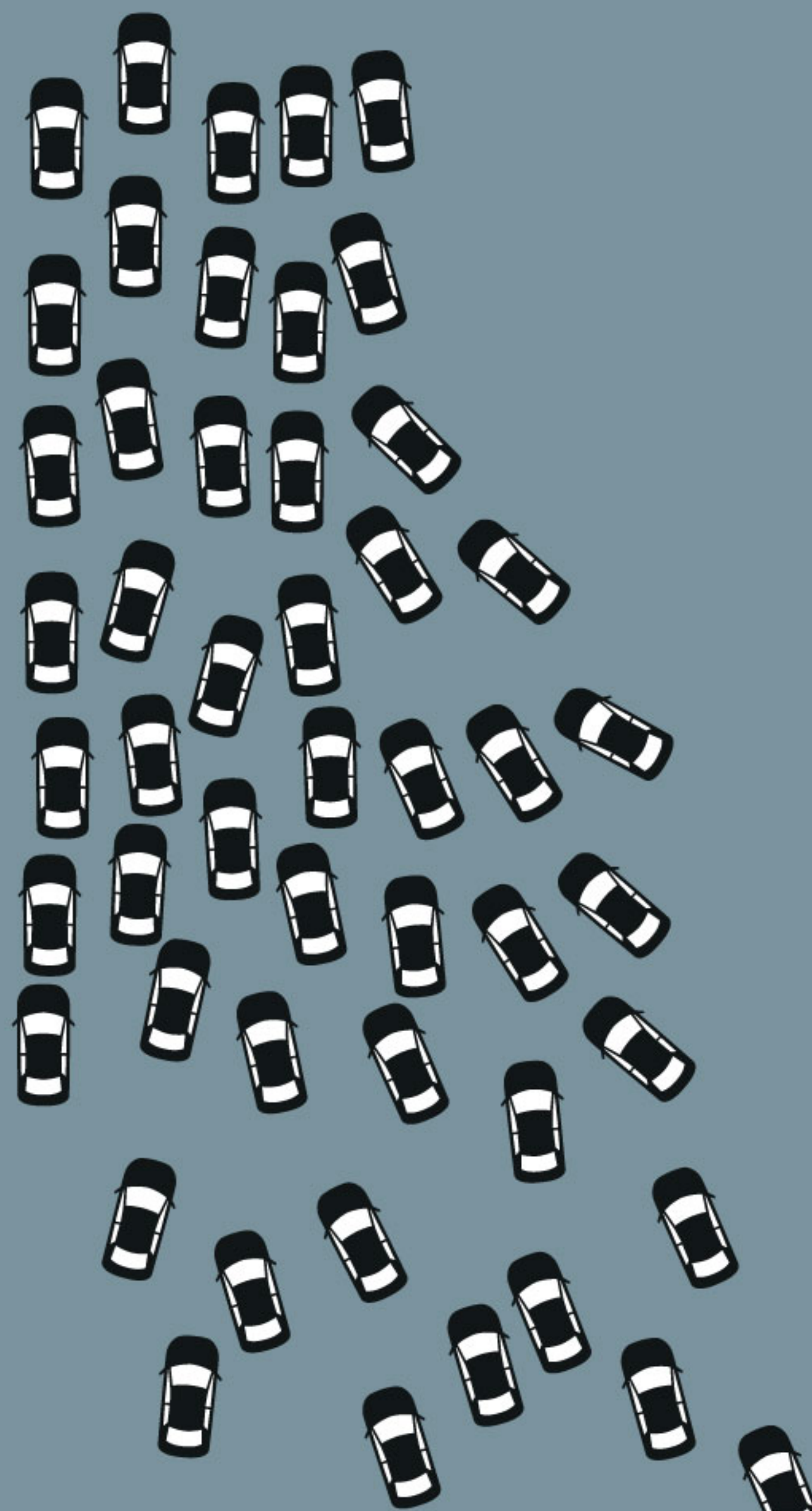
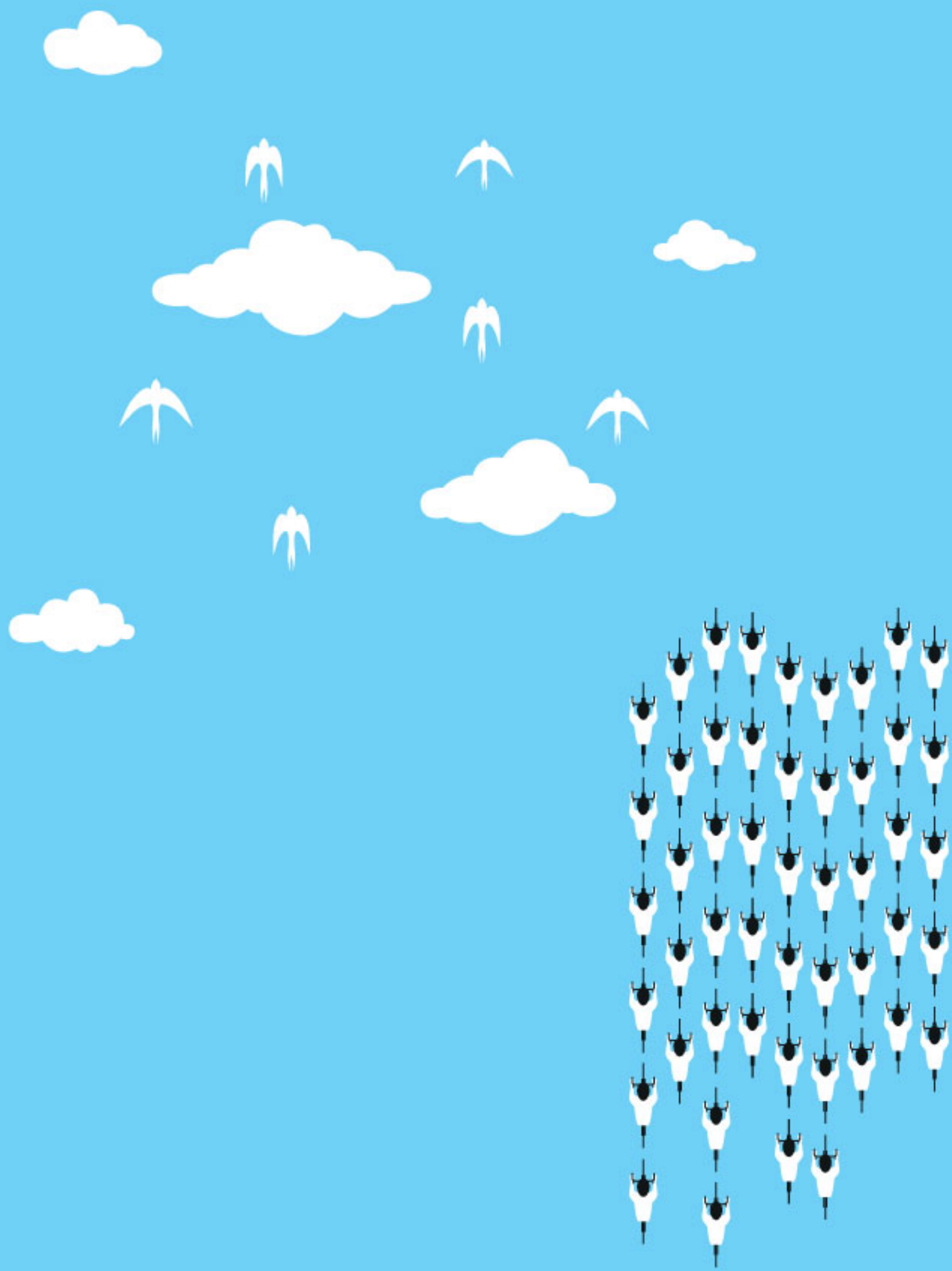
Specification	Treat Rate
API	7.5%
JASO	Performance
	SN/CF
	MA-2

Specification	Treat Rate
API	6.5%
JASO	Performance
	SL/CF
	MA-2

Specification	Treat Rates	
	10.8%	9.9%
API	SN	SN
ACEA	A3/B4-16	A3/B3-16
Mercedes Benz	MB approval 229.3*	MB 229.1
Volkswagen	VW 505 00	VW 501 01
	VW 501 01	VW 505 00
Renault	RN 0700 Level	



سه‌شنبه‌های بدون خودرو



باشگاه ورزشی بدون صرف وقت

آسمانی آبی تر برای فرزندانمان

هیچ وقت در ترافیک نمی مانیم

پیش بینی دقیق زمان رسیدن

در مقابله با گرمایش زمین سهم می شویم

رهایی از نگرانی جای پارک

بادوچرخه تا محل کار