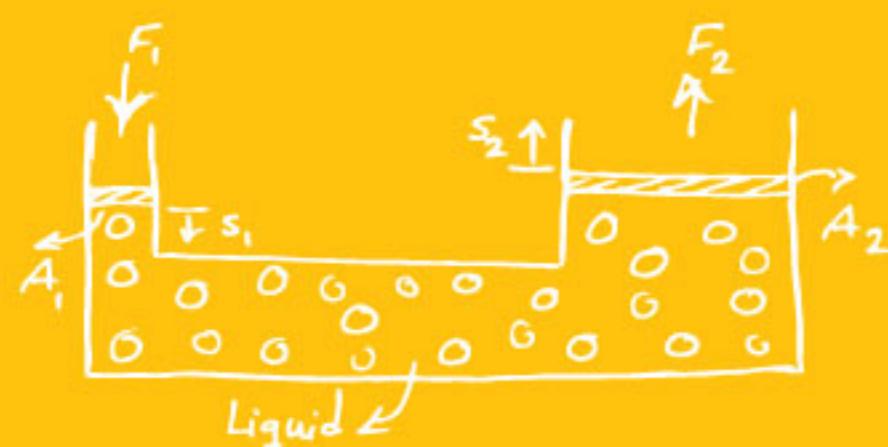




مجله علمی، تخصصی

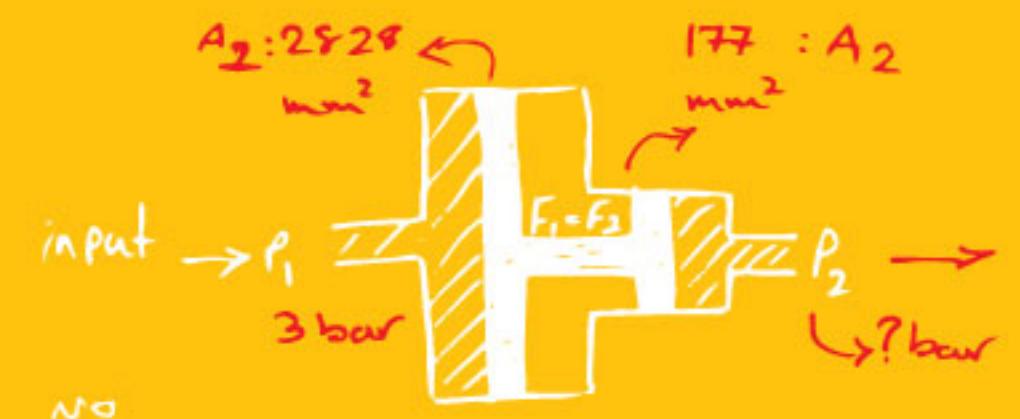
اف زون روان

| شماره نهم | سال هفتم | تابستان ۱۳۹۸ |



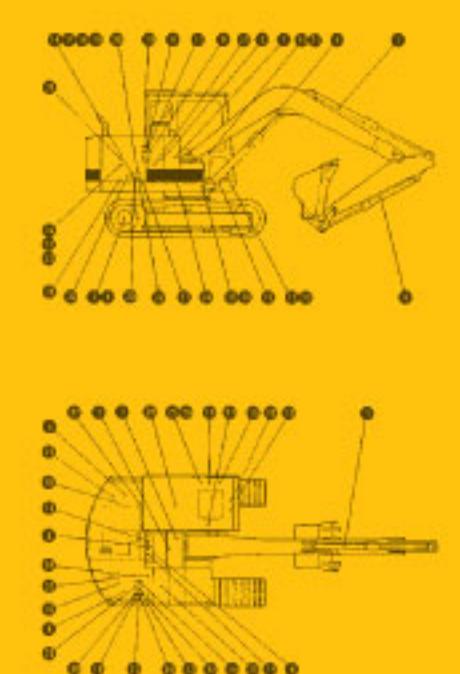
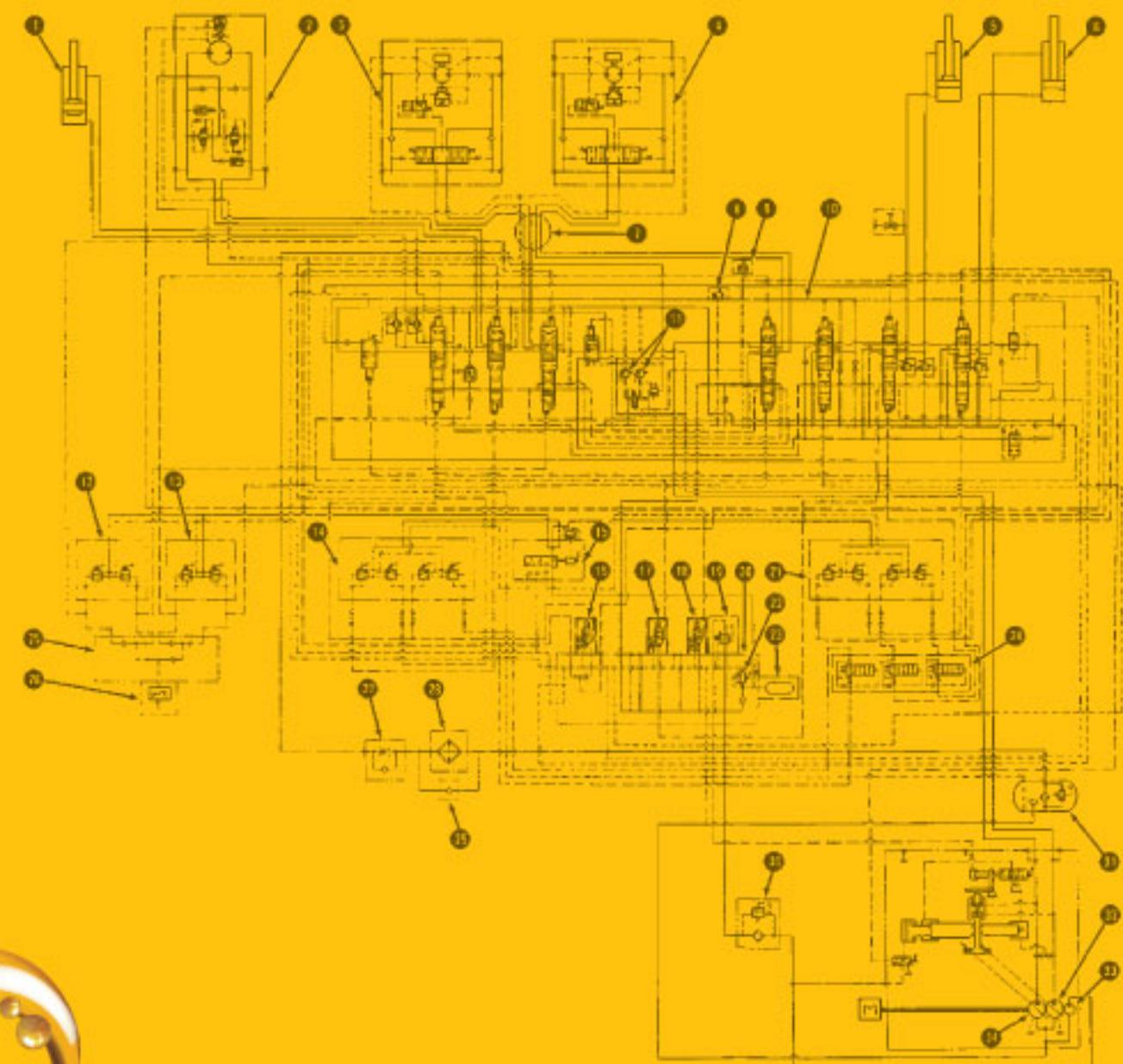
$$P_{bar} = F_N / A_{bar^2}$$

$$F_2/F_1 = A_2/A_1 = S_1/S_2$$



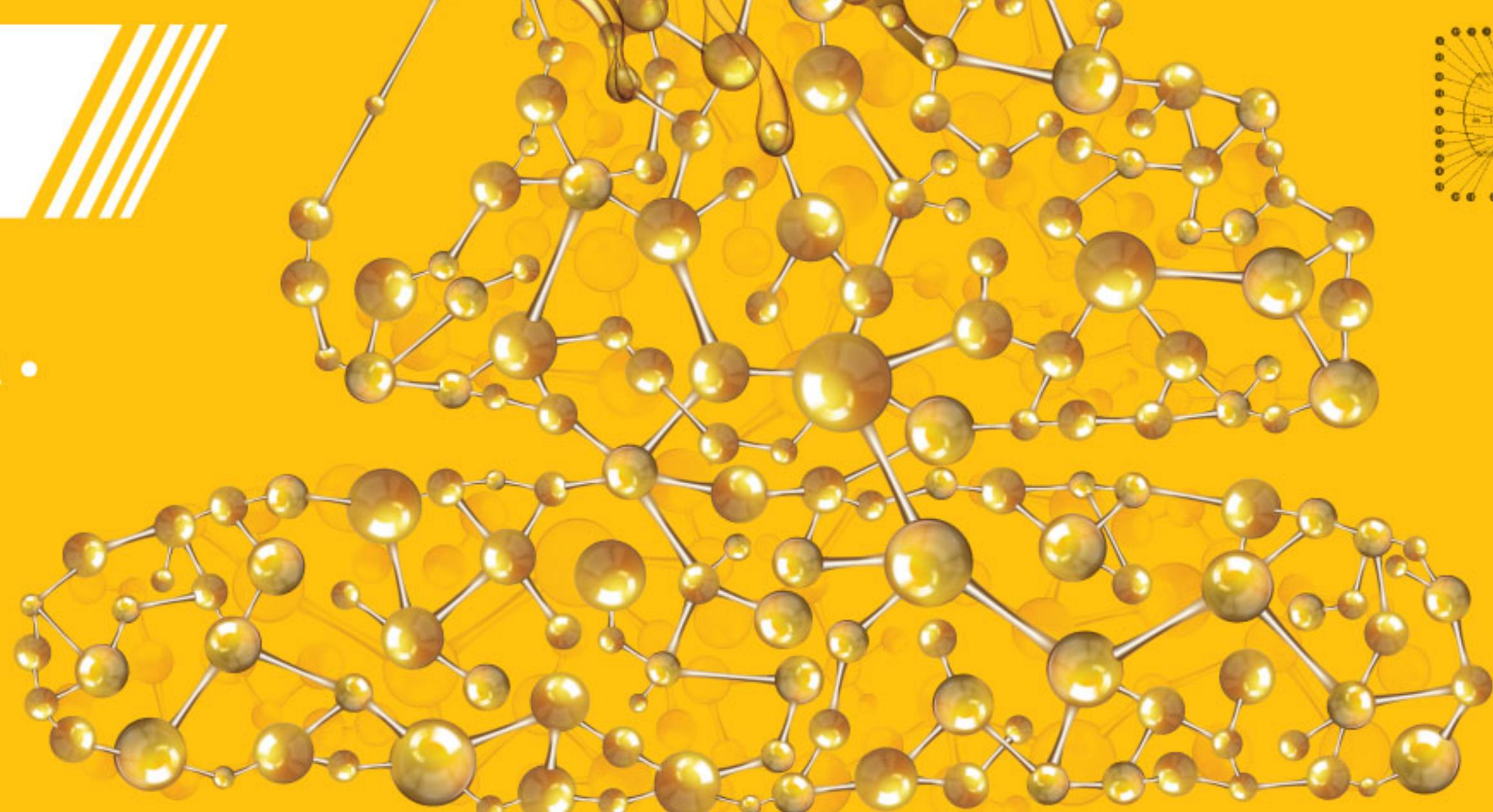
$$F_1 = F_2 \rightarrow P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$P_2 = 48 \text{ bar}$$



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



دانایی کلید توآنایی



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



مجله علمی، تخصصی
افزون روان

| شماره نهم | سال هفتم | تابستان ۱۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحيم

مجله علمی، تخصصی افزون روان

دوفصلنامه‌ی سراسری

شماره نهم، سال هفتم، تابستان ۱۳۹۸

شماره ثبت: ۸۵۲۱۵

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:

سید مجید طباطبایی رفیعی

سردبیر:

محمد Mehdi Kavim

مسئول هماهنگی:

امیرحسین ثقفی

ویراستار:

مریم محلاتی

نویسنده‌گان:

سحر ملک پور، امیرحسین ثقفی، محمد مهدی کریما،

دکتر مسعود حیدری، سید عmad طباطبایی، امین برمایون

صفحه چینی و گرافیک:

مهسا طباطبایی، منصوره آقایی

لیتوگرافی و چاپ:

چاپ سپید

آنچه در این شماره می خوانید :

صفحه ۲

صفحه ۳

صفحه نخست

صفحه ۶

صفحه ۱۰

صفحه ۱۳

صفحه ۲۷

صفحه ۲۸

پایداری برشی و اهمیت باقی ماندن در درجه گرانروی

صفحه ۱

گرانروی روغن | بخش یکم

اصول و مفاهیم سیالات هیدرولیک | بخش یکم

صفحه ۲

بیست و چهارمین نمایشگاه بین المللی

صفحه ۳

نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی

صفحه ۲۷

صفحه ۲۸

اخبار

شرکت
افزون روان

ایران، تهران، خیابان پاسداران، چهار راه فرمانیه
خیابان شهید جهانبخش نژاد، پلاک ۱۰، واحد ۵۲
تلفن : ۰۲۱-۲۳۵۵۹۹۹۹ - ۰۲۱-۲۲۸۰۴۴۵۸
www.afzoonravan.com
info@afzoonravan.com



Scan me

سخن نخست

اجتماعی، نه فقط فعالیت در بخش توسعه و نشر دانش و آموزش صنعت روانکاری را کاهش نداده اند، بلکه با اتخاذ تدابیر جدید، موجب گسترش آن نیز گردیده اند، و انتشار این فصلنامه در شمارگان بیشتر و به صورت سراسری از مصاديق آن به شمار می آید. در این مسیر، نگاه ما همچنان به پیشنهادها و نکات مورد توجه شما دوستان گرامی است که بتوانیم این نشریه را همراه با آخرین رویکردها و پدیده های آن برای توسعه و بهبود کاربرد تولید و مصارف انواع محصولات صنعت روانکاری استمرار بخشیم.

بدیهی است تحریم ها ارتباط مستقیم با مراکز صاحب تکنولوژی دنیا را کاهش می دهد و متعاقبا زمینه های سوء استفاده برای فرصت طلبان را به خاطر خلاء ایجاد شده فراهم می کند. ولی ما بی تفاوت نبوده و با استفاده از ابزارهای نوین فناوری اطلاعات برای برگزاری سمینارهای فنی مجازی برای به روز نگهداشتن دانش و اطلاعات بازیگران و دلسوزان صنعت روانکاری برنامه ریزی کرده ایم. اولین سمینار فنی-مجازی آنلاین را با همکاری شرکت BASF آلمان و با حضور بیش از ۱۳ شرکت همکار با عنوان «روغن های پایه استری» در خداداده و در سالن کنفرانس شرکت افزون روان برگزار کردیم.

و در پایان، از همکارانم در کادر فنی مجله به خاطر ایفای مسئولیت بیشتر و ایجاد سازوکار جدید، توسعه و تنوع محتوا و همچنین از مدیران و متخصصین و کارشناسان همکار به جهت مشارکت و حمایت از اهداف مجله و همکاری کارشناسان معاونت امور مطبوعاتی وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی سپاسگزاری می کنم.

سید مجید طباطبایی رفیعی
مدیر مسئول



پس از سپری شدن هفت سال از انتشار داخلی مجله علمی-تخصصی افزون روان، تجارب گرانبهایی را به دست آورده ایم. این تجرب از شنیدن پیشنهادها، نقطه نظرها، ایده ها و نکات بر جسته ای حاصل گردید که مدیران، مهندسین، متخصصین، کارشناسان و سایر همکاران در صنعت روانکاری اظهار نموده اند. اکنون با یاری خداوند منان، فصلنامه شماره ۹ را با کسب پروانه انتشار سراسری از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و با شمارگان بالاتر منتشر می کنیم. همکاران مجله کوشش کرده اند در کنار ایجاد تنوع در مطالب، محتوای مقالات فنی را بیشتر کنند. لذا برای مؤثرتر شدن این تلاش ها از تمامی کارشناسان و پژوهشگران این صنعت برای تدوین مقالات دعوت به همکاری می کنیم.

شرکت افزون روان در پایان تیرماه ۱۳۹۸ بیست ساله می شود. سهامداران این شرکت علاوه بر رشد و توسعه فعالیت کسب و کار و ایجاد و توسعه زنجیره خدمات در صنایع روانکاری، به جامعه و نیازهای آن توجه خاص دارند. در موقعیت اقتصادی کنونی، توسعه فعالیت کسب و کار توانم با تشدید تحریم ها با افزایش ریسک و خطر پذیری بیشتری روبرو است، و سرمایه گذارانی را که همچنان به توسعه نظر دارند فقط می توان عاشقانی تصور کرد که علاقه و عشق به مام میهن و وفاداری به آرمان های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، آنان را به بازگشت روزهای خوش برای محیط کسب و کار امیدوار نگاه داشته است.

با نیمنگاهی به این شرایط اقتصادی، مؤسسین شرکت افزون روان با عنایت به اهداف برنامه ریزی شده در حیطه مسئولیت

مسئولیت اجتماعی

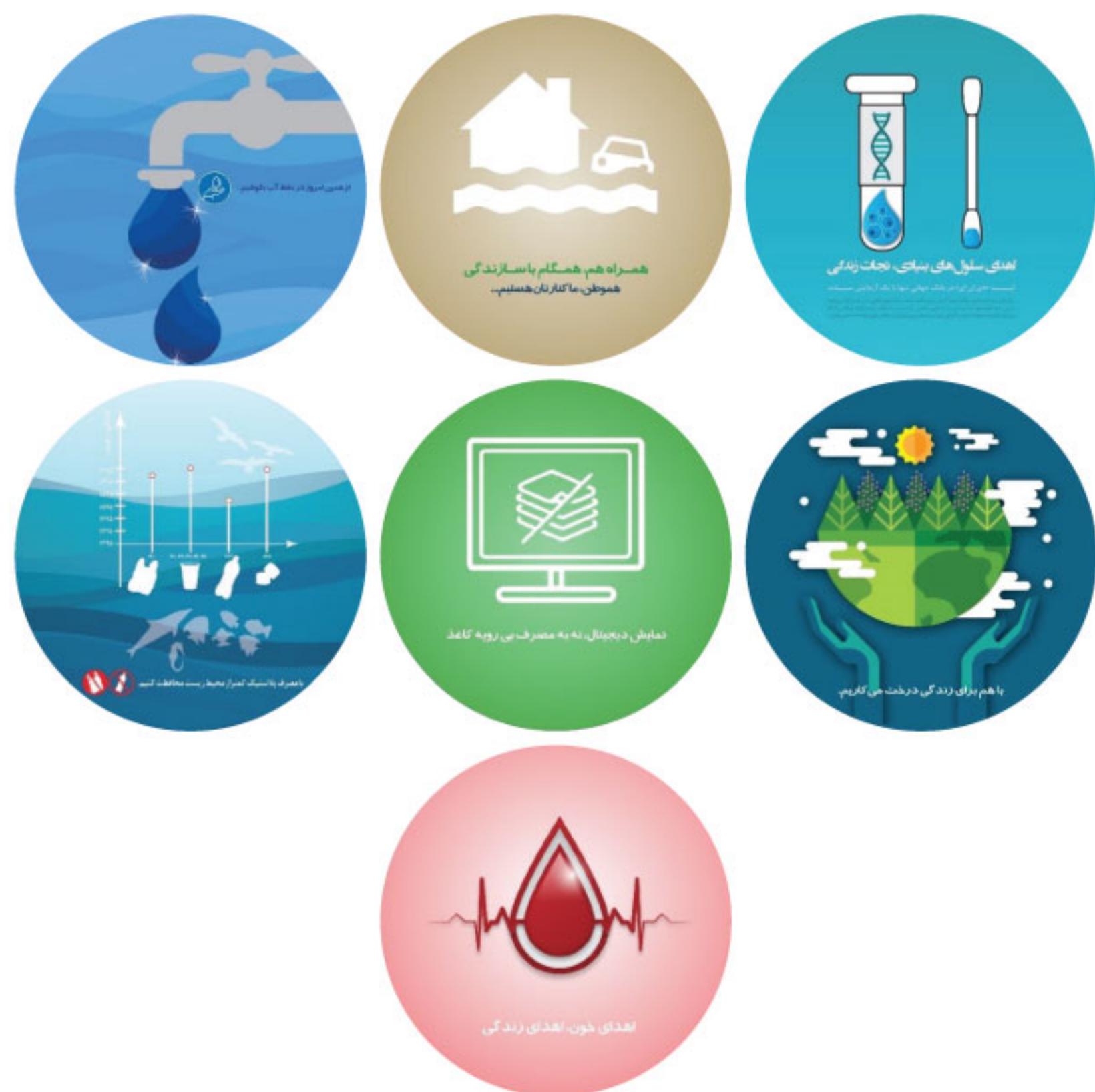
سحر ملک پور

کارشناس روابط عمومی شرکت افزون روان



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 چیزی 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 هرجایی 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 بکارد. 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 هرساله به انجام رسانیم.

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

مفهوم 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 اطلاع رسانی 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 به لحاظ توسعه‌یافتگی اقتصادی و اجتماعی در سطح مطلوبی به سر 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 تمايل را در توانمندسازی سیاهان مشاهده می‌کنیم.

مسئولیت اجتماعی در افزون روان

هرچند سهامداران شرکت افزون روان به دلیل علایق 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 رسخ 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 هوای خصوصاً در مناطق جنوبی باعث کمبود برق در سراسر کشور شده بود، تصمیم گرفتیم تمام توان خود را برای کاهش مصرف برق به کار 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



پارس آنلайн

همکاری با دانشگاهها و مراکز علمی و پژوهشی: گروه شرکت‌های پارس آنلайн همکاری و ارتباط نزدیکی با دانشگاهها و مراکز علمی و پژوهشی کشور دارد. حمایت از رخدادها 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 آنلайн با دانشگاهها و مراکز علمی کشور نام برد. افزون بر این، جذب نیروهای دانش آموخته‌ی دانشگاهها و مراکز علمی و آموزشی همواره مورد توجه گروه شرکت‌های پارس آنلайн بوده است.

همکاری با مدارس و نهادهای خیریه: حمایت از کودکان و نوجوانان به عنوان نسل سازنده‌ی فردای کشور موردن‌توجه پارس آنلайн بوده است. گروه شرکت‌های پارس آنلайн 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 مدارسی که در سیل آسیب دیده بودند هزینه شد.

همچنین شرکت افزون روان تصمیم گرفت تا به ازای هر هدیه‌ای که در نمایشگاه بین‌المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی به مراجعین تقديم 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، راه اندازی کتابخانه‌های گویا برای نابینایان و کم‌بینایان و یک مرکز مهندسی با عنوان مرکز آموزش تخصصی برای اشتغال جوانان شده است.

شاخص	مسئله‌ی 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	ساعت‌کار 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 مزايا
عدم دیرکرد در پرداخت دستمزد و اختیارات مرتبط با آن در قرارداد کارمندان	
تضمين حقوق پایه مرتبط با حرفه	
فراهم کردن موقعیت‌های شغلی خوب و عادلانه	استخدام کارکنان
با تمام کارمندان به صورت رسمی قرارداد بسته شود	
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	آموزش و تمرین
کارمندان به ارزش‌های سازمانی قوانین و مقررات مربوطه آگاه باشند	
برنامه راهنمای شغلی برای کارمندان	
نمایندگی و مشارکت کارکنان در تصمیم‌گیری‌های شرکت	روابط هماهنگ بین مدیر و کارکنان
کانال‌های اطلاعاتی مناسب برای اطلاع رسانی در مورد تغییرات شرکت به کارمندان	
حمایت از کارمندانی که مشکلات شخصی را تجربه می‌کنند.	
کیفیت و ایمنی محصولات	شاخص ارزیابی مرتبط با مشتریان
رضایت مشتری	
فرهنگ خدمت به مشتری	
نوآوری و توسعه	
ترویج عملکرد مسئولیت اجتماعی	شاخص ارزیابی مرتبط با تأمین‌کنندگان و شرکا
افزایش ارتباط با تأمین‌کنندگان و شرکا	
حفظ روابط مناسب	
پرداخت مالیات	شاخص ارزیابی مرتبط با دولت
پیروی از قانون	
ایجاد فرصت‌های شغلی	
حافظت از محیط زیست	شاخص ارزیابی مرتبط با تأمین‌کنندگان و شرکا
حافظت از منابع و انرژی	
اخلاق‌مداری	شاخص ارزیابی مرتبط با رقبا
رقابت سالم	



• امیرحسین ثقفی

کارشناس واحد فنی گروه افرون

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 گرانزوی 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 گرانزوی، 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 گرانزوی باعث از بین رفتن کامل لایه روانکار نمی‌شود.

در گذشته به علت محدودت بودن فناوری تولید روغن، گاهی به دلیل ورود دوده و اکسایش، گرانزوی آن افزایش پیدا می‌کرد و این امر باعث پوشش دادن مقداری از افت گرانزوی ناشی از تنفس 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 گرانزوی حاصل از تنفس 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.

مقدمه

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

اهمیت پایداری برشی

پایداری برشی نشان‌دهنده مقاومت پلیمر استفاده شده به عنوان بالابرند گرانزوی^۳ در برابر شکست زنجیره‌ی آن بر اثر تنفس‌های وارد از طرف موتور است. روغن در هین کار کردن موتور به طور دائم تحت تنفس قرار می‌گیرد و به دلیل شکسته شدن زنجیره‌های پلیمر دچار افت گرانزوی می‌شود.

با توجه به رابطه‌ی مستقیم بین گرانزوی و ضخامت لایه‌ی روانکار، اگر پایداری برشی یک روغن کمتر از حد مطلوب باشد و در طول عمر مفیدش دچار افت گرانزوی 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 - SEQUENCE VIII برای BASE OIL INTERCHANGE

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^۵ 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.

^۱- Formulator^۲- Grade^۳- Viscosity Modifier^۴- Noack Volatility Test^۵- ASTM D6709سطح کارایی روغن وسایل نقلیه عمومی که در سال ۲۰۰۱ معرفی شد^۶

۷- American Petroleum Institute

۸- Base oil Interchange

۹- Read-Across

آزمون موتوری Sequence VIII^۵ 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 خودگی 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 کارکرده می‌گیرند. این نمونه باید در درجه گرانزوی 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

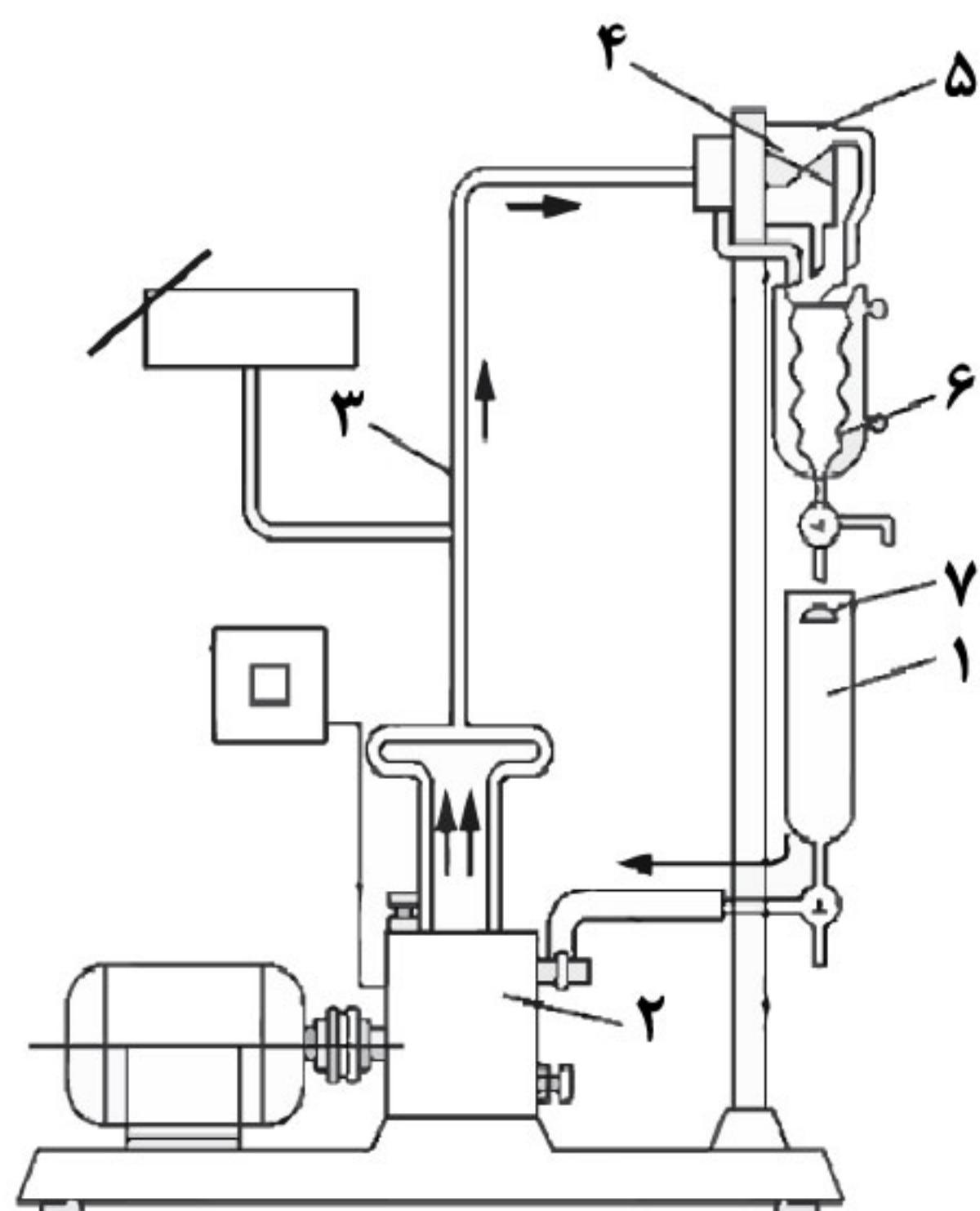
Table F-2—Groups I, II, III and IV Viscosity Read-Across: L-38/Sequence VIII Tests

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	NA	X	X	X	X	X
20W-50	—	—	—	—	—	—	X	X	X	NA	X	X	X
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NA	X	X
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NA	X
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N

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 برای READ-ACROSS SEQUENCE VIII

سنجهش پایداری برشی

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

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 تعییه شده است. 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 داشته باشد از صفحه پخش کننده (۷) عبور می‌کند. (شکل ۱)

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 API ILSAC را دریافت کند. با این حال آزمون ASTM D6278 راهنمای بسیار خوبی برای طراحان روغن در طی طراحی کردن روغن‌هایشان است.

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 XW40 و SAE XW30 که پس از آزمون ASTM D6278 در درجه خود باقی می‌مانند، پس از گذراندن ۱۰ ساعت آزمون Mوتوری Sequence VIII ۱۰ ساعت ابتدایی این آزمون مبنای بررسی

جدول SAE J300

سازمان API در جدول SAE J300 محدوده گرانزوی‌های مجاز روغن را برای هر درجه در دما و شرایط مختلف در نظر گرفته است. روغن موتور تازمانی که در موتور کار می‌کند، نباید از این محدوده گرانزوی‌ها خارج شود. از این رو برای روغن موتور عمر مفید تعریف نمی‌شود. این جدول تا سال ۲۰۱۵، حداقل درجه تابستانی آن ۲۰ SAE بود. در سال ۲۰۱۵ به دلیل اضافه کردن درجه‌های ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ SAE به جدول و برای این که بتوانند در جدول جای بگیرند، محدوده مجاز برای درجه ۲۰ SAE محدودتر شد.

سنچش پایداری برشی به روش ASTM D7109

ASTM D7109 یک نسخه از آزمون Kurt Orbahn است که برای روغن موتور وسایل نقلیه سنگین مثل CK-4 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 ۹۰ چرخه انجام می‌شود. آزمون ۳۰ چرخه ASTM D7109 دقیقاً مانند آزمون Kurt Orbahn است. آزمون ۹۰ چرخه با ایجاد تنفس برشی بیشتر شبیه ساز مناسب‌تری برای پایداری برشی وسایل نقلیه سنگین است. زیرا تنفس‌های وارد به روغن از طرف این موتورها از موتورهای معمولی بیشتر است.

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 گرانزوی HT/HS، به حداقل گرانزوی ممکن در ۱۰۰ درجه سانتی گراد خود دست یابند. یک روغن SAE 10W30 باید با گرانزوی ۱۰ سانتی استوک در ۱۰۰ درجه سانتی گراد طراحی شود تا به حداقل گرانزوی ۲,۹ HT/HS سانتی پواز برسد. علاوه بر این برای روغن‌هایی با سطح کارایی API CK-4 و درجه SAE 10W30 با توجه به حداقل گرانزوی مجاز ۹,۳ سانتی استوک در ۱۰۰ درجه سانتی گراد، معمولاً با گرانزوی بالاتر از ۱۱,۵ سانتی استوک طراحی می‌شوند تا بتوانند به حداقل گرانزوی 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 تعريف شده در جدول بالا برای گرانزوی روغن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد، بعضی از درجه‌ها با توجه به حداقل گرانزوی در دمای بالا (۱۵۰ درجه سانتی گراد) و سرعت برشی بالا (۱۰^۶ بر ثانیه)، این بازه گرانزوی محدودتر می‌شود. ستون آخر جدول SAE J300 این پارامتر را برای تمام درجه‌های تابستانی مشخص می‌کند. به عنوان مثال محدوده گرانزوی روغن SAE 10W30 در ۱۰۰ درجه سانتی گراد از ۹,۳ تا ۱۲,۵ سانتی استوک^{۱۱} تعريف شده است. اما با توجه به حداقل گرانزوی ۲,۹ HT/HS سانتی پواز^{۱۲}، این درجه باید در انتهای محدوده مجاز طراحی شود تا بتواند به گرانزوی ۲,۹ HT/HS سانتی پواز برسد.

باقی ماندن در درجه^{۱۳}

سطح کارایی API FA-4 مشخصاً برای افزایش بازده سوخت طراحی شده است. بازده سوخت با گرانزوی روغن رابطه عکس دارد. از این رو هر چه 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

نتیجه‌گیری

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

امروزه با توجه به روند رو به کاهش گرانروی روغن‌ها، پایداری برشی از اهمیتی بیش از پیش برخوردار شده است. زمانی که یک روغن سنگین دچار افت گرانروی بیش از حد مجاز می‌شود، ضخامت لایه روانکار به مقدار ایده‌آل موتور نمی‌رسد و روانکاری به طور ناقص انجام می‌شود. در صورتی که برای روغن‌های سبک ممکن است با کاهش گرانروی 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 روغن‌های سبک نیاز به پایداری برشی بالاتری نسبت به روغن‌های سنگین دارند، در آینده شاهد کاهش استفاده از پلیمرهایی با جرم مولکولی بالا و قدرت بالا برندگی گرانروی^{۱۵} بالا به دلیل نداشتن پایداری برشی مورد نیاز برای روغن‌های سبک خواهیم بود. در نتیجه بازار بالابرنده‌های گرانروی رو به پلیمرهایی حرکت خواهد کرد که تکنولوژی ساخت بالاتر و جرم مولکولی پایین‌تری به منظور افزایش پایداری برشی دارند.

به گرانروی در دما و سرعت برشی بالای این روغن‌ها توجه ویژه‌ای داشته باشند.

در نتیجه انتخاب یک بالابرنده گرانروی مناسب برای دستیابی به پایداری برشی مدنظر، اهمیت بسیار زیادی دارد. با این پیش‌فرض که تنها عامل تغییردهنده درجه گرانروی پایداری برشی است، یک بالابرنده گرانروی با پایداری برشی مناسب، تضمین‌کننده ماندن روغن در درجه‌ی مشخص خود در طول دوره کار کردن است.

پایداری برشی با قدرت بالابرنده گرانروی پلیمر مورد استفاده رابطه عکس دارد. از طرفی هرچه جرم مولکولی پلیمر استفاده شده به عنوان بالابرنده گرانروی بیشتر باشد، قدرت بالابرنده گرانروی آن پلیمر افزایش می‌یابد. از این موضوع می‌توان 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 مصرف پلیمر و در نتیجه کاهش قیمت تمام شده‌ی روغن می‌شود. علاوه بر این هرچه مقدار پلیمر در روغن کمتر باشد، پلیمر تمایل کمتری به تشکیل لجن بر روی قطعات موتور از خود نشان می‌دهد.

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

گرانروی 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 گرانروی روغن بعد کار کردن است، کمیتی بسیار مهم است و باید قابل پیش‌بینی و تکرارپذیر باشد تا بتوان ادعا کرد روغن در حین کار کردن در دوره عمر مفید خود به درجه سبک‌تر افت نمی‌کند و توانایی ایجاد لایه روانکار با ضخامت مورد نیاز را دارد.



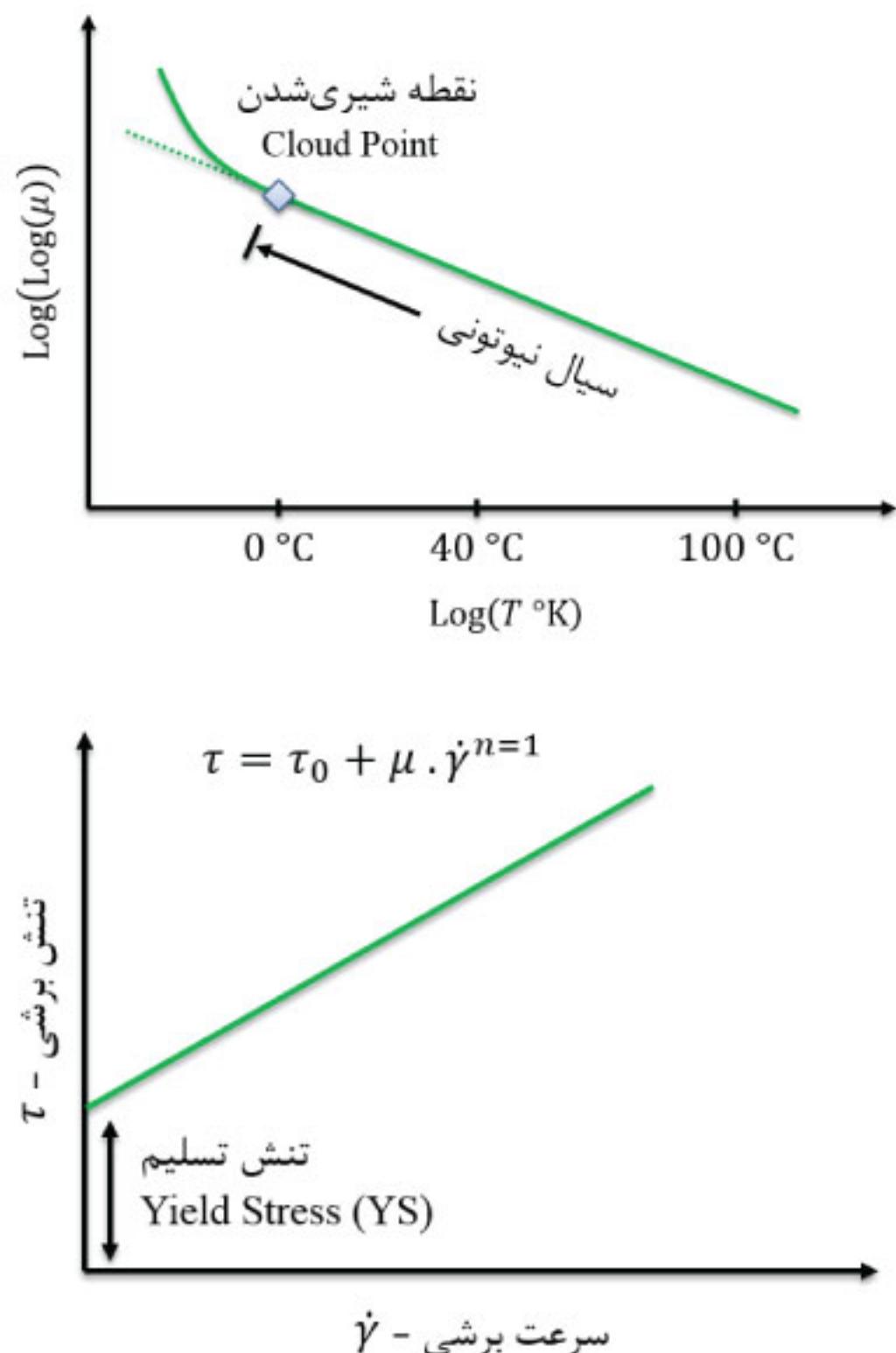
• محمد مهدی کریما
مدیر واحد فنی گروه افزون

گرانزوی روغن

بخش یکم

Lubricant Viscosity
Part I

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 ۱-TP MRV را الزامی کرده تا مصرف کننده از عدم بروز تنفس تسلیم بالا در روغنی که به تدریج سرد شده است، اطمینان حاصل کند.



شکل ۱- رفتار غیر نیوتونی روغن معدنی در دماهای کمتر از نقطهٔ 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، گرانزوی روغن از آنچه انتظار می‌رود کمتر خواهد شد. این پدیده به دلیل تغییر شکل موقت کویل‌های پلیمر و کاهش حجم هیدرودینامیکی آن است که منجر به کاهش موقت سهم پلیمر در افزایش گرانزوی می‌شود.

پلیمر ساکن



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

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

^۱- Pseudoplastic

مقدمه

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

گرانزوی، مهم‌ترین ویژگی روغن

گرانزوی یک سیال، مقاومت آن در برابر جاری شدن را بیان می‌کند. مقدار گرانزوی با ضخامت لایه‌ی روغن در موضع روانکاری متناسب است. بنابراین، مهم‌ترین ویژگی یک روغن، گرانزوی 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 موقعي که این امر میسر نباشد و امکان حفظ لایه‌ی روغن وجود نداشته باشد، از افزودنی‌های شیمیایی ضد سایش و فشارپذیر استفاده می‌کنند.

مهمن‌ترین دسته‌بندی روغن‌ها در کاربردها و استانداردهای مختلف، دسته‌بندی بر اساس گرانزوی است. در مواردی مثل روغن هیدرولیک، این دسته‌بندی تنها بر اساس گرانزوی سینماتیکی در دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. ولیکن در جاهایی مثل موتورهای درون‌سوز که شرایط روانکاری متنوع و پیچیده‌ای دارد، به تعیین دقیق‌تر گرانزوی نیاز پیدا می‌کنیم. لذا استاندارد SAE J300 برای روغن‌های چند درجه‌ای، چهار نوع گرانزوی را تعیین کرده که هریک با هدف شبیه سازی 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:

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

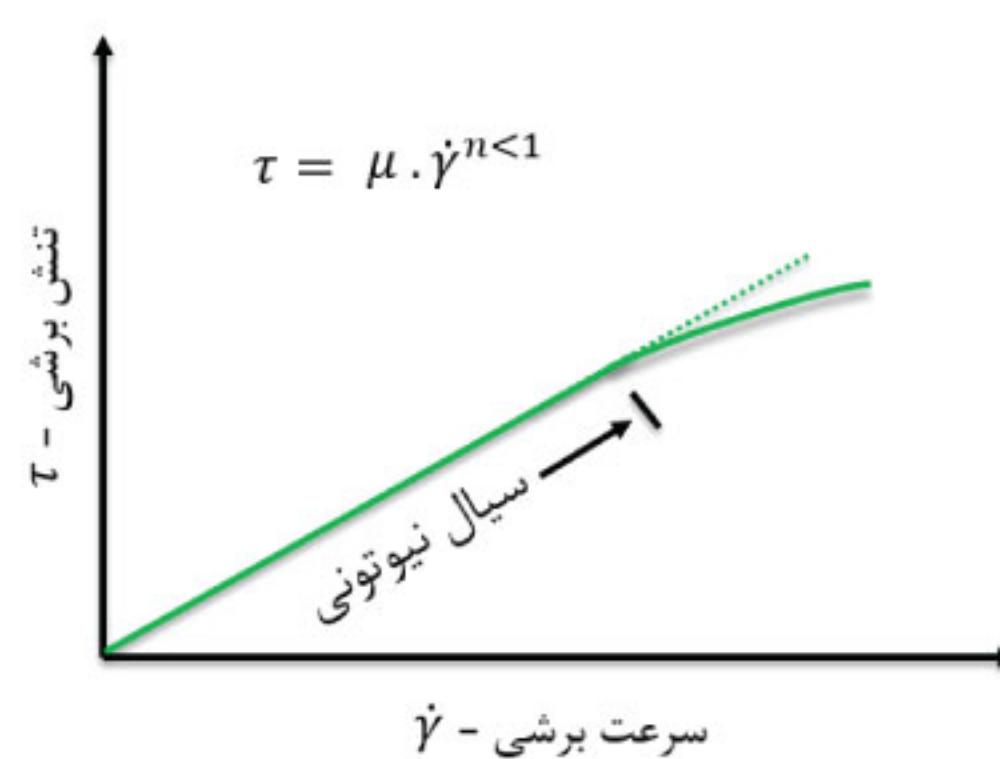
که در آن τ تنش برشی، τ_0 تنش تسلیم، μ گرانزوی در حالت مرتع و du/dy سرعت برشی است. در صورتی که سیال نیوتونی رفتار کند، تنش تسلیم آن صفر و به دلیل رابطه‌ی خطی میان تنش برشی و سرعت برشی، مقدار n برابر با یک خواهد بود. در صورتی که یک سیال تنش تسلیم داشته باشد و یا رابطه‌ی میان تنش برشی و سرعت برشی در آن 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 بینگه‌هام از خود بروز می‌دهند. پلیمرهای بالابرنده‌ی گرانزوی 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

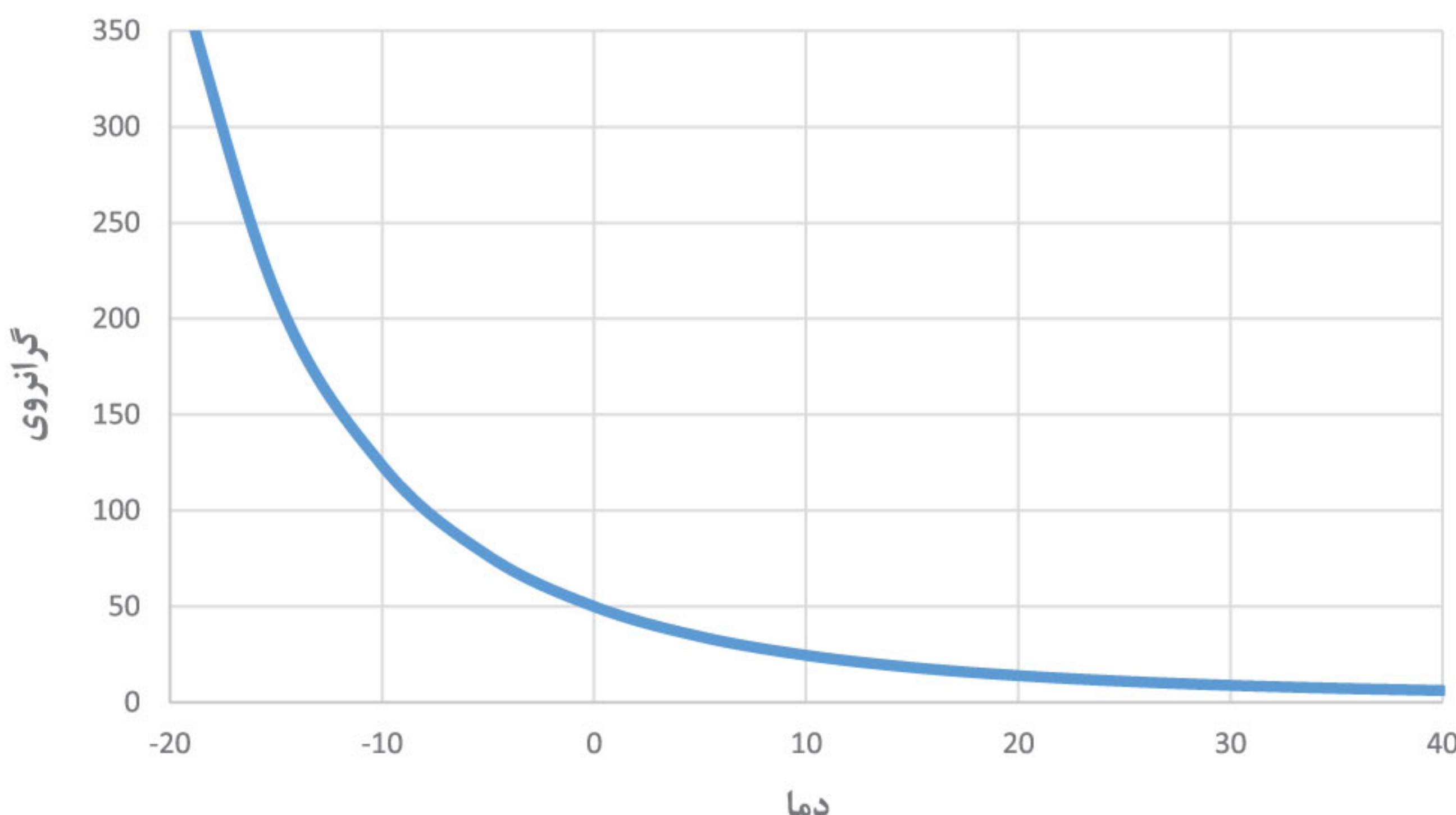
چنین شرایطی افت بیش از اندازه داشته باشد، لایه‌ی روانکار نازک شده و ضخامت کافی را ایجاد نمی‌کند. همچنین روغن در داخل محفظه‌ی احتراق باقی مانده و روغن‌سوزی رخ می‌دهد. استاندارد SAE J300 HTHS اندازه‌گیری گرانروی را برای مدیریت این رفتار روغن موتور پیش‌بینی کرده است.

تغییرات گرانروی با دما

به طور معمول گرانروی مایعات با کاهش دما، به شکل فزاينده‌ای 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.

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

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 به روز رسانی آن است. این گراف‌ها روشی سریع برای پیش‌بینی و مطالعه‌ی گرانروی روغن در دمای 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 به طور 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، ۷ 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 دمای‌های کمتر از نقطه‌ی جوش اولیه^۳ و بیشتر از دمای شیری‌شدن (ابری‌شدن) به کار می‌رود.

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

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

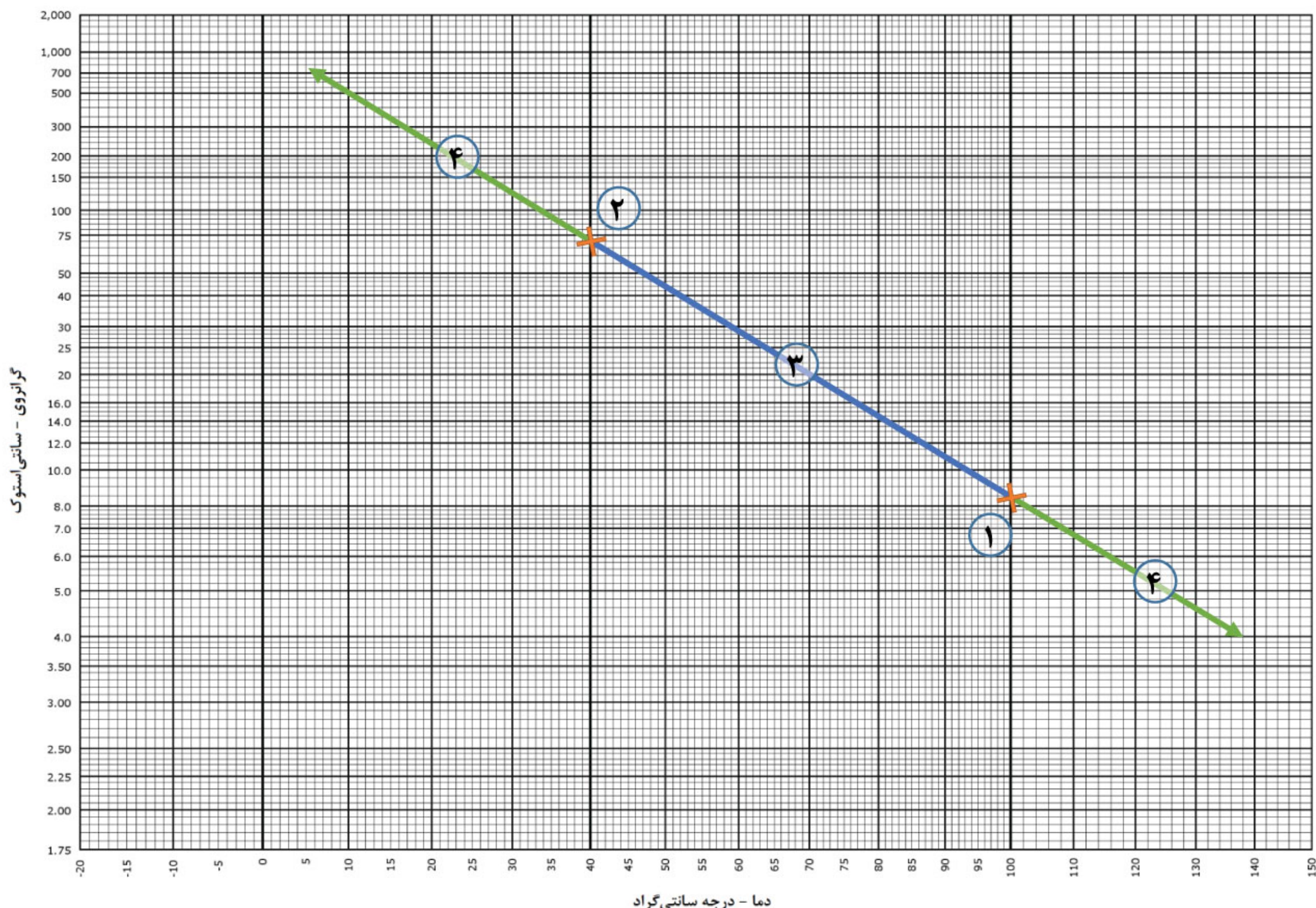
$$\begin{aligned} Z &= v + 0.7 + C - D + E - F + G - H \\ C &= \exp(-1.14883 - 2.65868v) \\ D &= \exp(-0.0038138 - 12.5645v) \\ E &= \exp(5.46491 - 37.6289v) \\ F &= \exp(13.0458 - 74.6851v) \\ G &= \exp(37.4619 - 192.643v) \\ H &= \exp(80.4945 - 400.468v) \end{aligned}$$

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 برونویابی شده‌ی گرانروی است. هنگام برونویابی 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 برونویابی گرانروی - در این نمونه، روغن ۳۵۰ SAE با گرانروی ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد زده‌ایم.

سیالات هیدرولیک

بخش یکم

اصول و مفاهیم

- دکتر مسعود حیدری
کارشناس مهندسی فروش شرکت افزون روان
- سید علی طباطبایی
کارشناس مهندسی فروش شرکت افزون روان



سوزی در سیستم‌های هیدرولیک، تمایل به استفاده از سیالات مقاوم در برابر آتش سوزی نیز بهشت 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 به عنوان روانکار و آب به عنوان عامل ضد آتش)، ۲) سیالات با ذات ضد آتش و ۳) سیالات با تمایل کم به اشتعال، تا به امروز ادامه پیدا کرده است، به عبارت دیگر اولین بهانه ورود روغن‌های پایه سنتزی به حوزه هیدرولیک افزایش مقاومت سیالات این حوزه در برابر آتش سوزی بوده است. با پیشرفت‌های بیشتر تکنولوژیک و صنعتی، سیستم‌های متعدد هیدرولیک کاربردهای گسترده‌تری پیدا کردند و درنتیجه آن به صورت پیوسته نیازهای جدیدتری در بیستم‌های 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 مناسب 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 یکسو 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

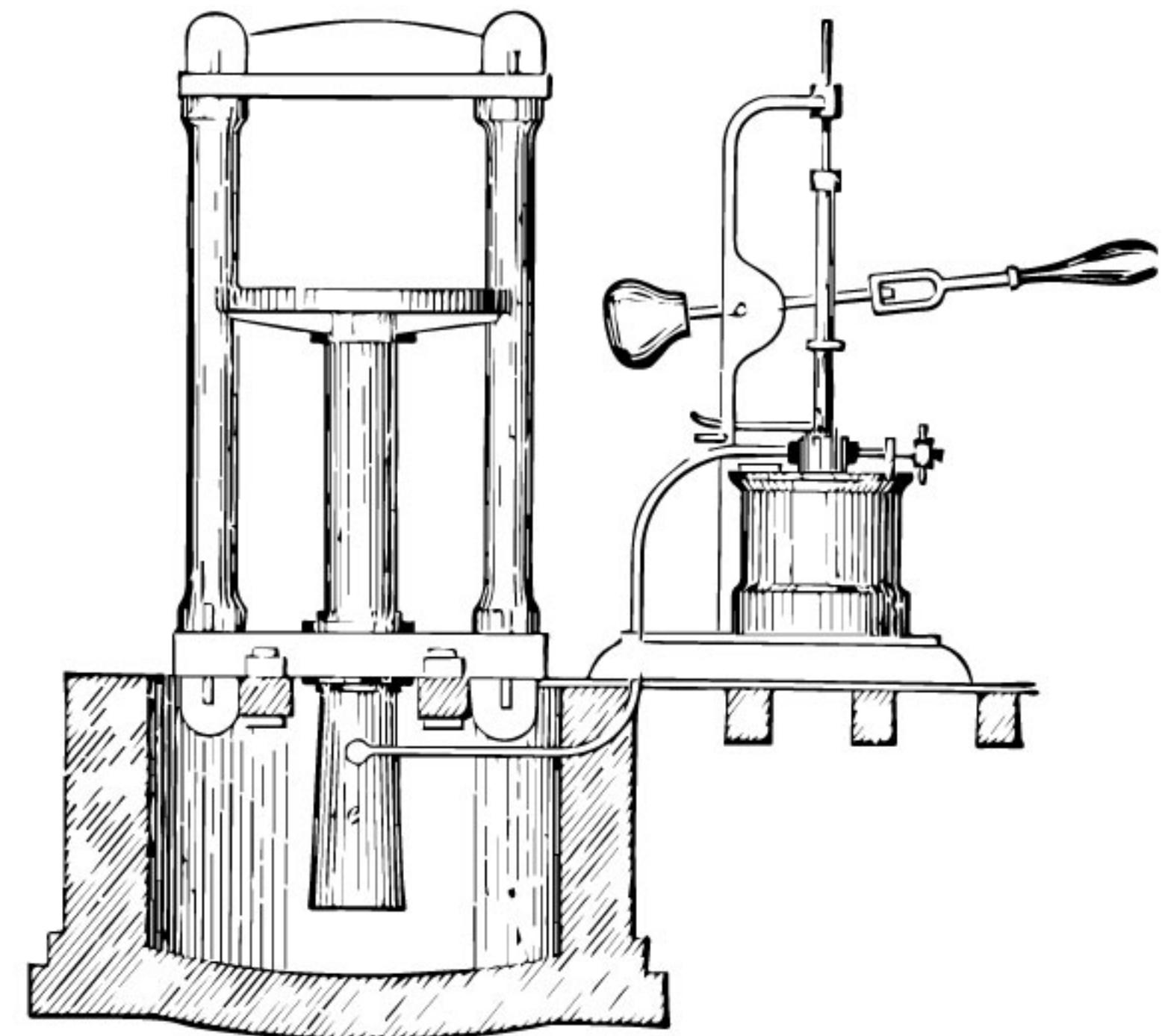
اساس کار سیستم‌های هیدرولیک بر مبنای قوانین ابتدایی فیزیک است که بیان می‌کند $P = F/A$ (فشار، P و سطح تماس، A)، بر این اساس نیروی اعمالی بر یک طرف دو پیستون مرتبط (با دو قطر متفاوت) با نیروی خروجی در انتهای دیگر برابر است (شکل ۲)، نیروی اعمالی نیز متناسب با فشار اعمال شده بر سطح است درنتیجه $A_1.P_1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

۱) مقدمه:

۱-۱) تاریخچه

واژه هیدرولیک عبارتی با منها 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) با هدف 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 براما (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).



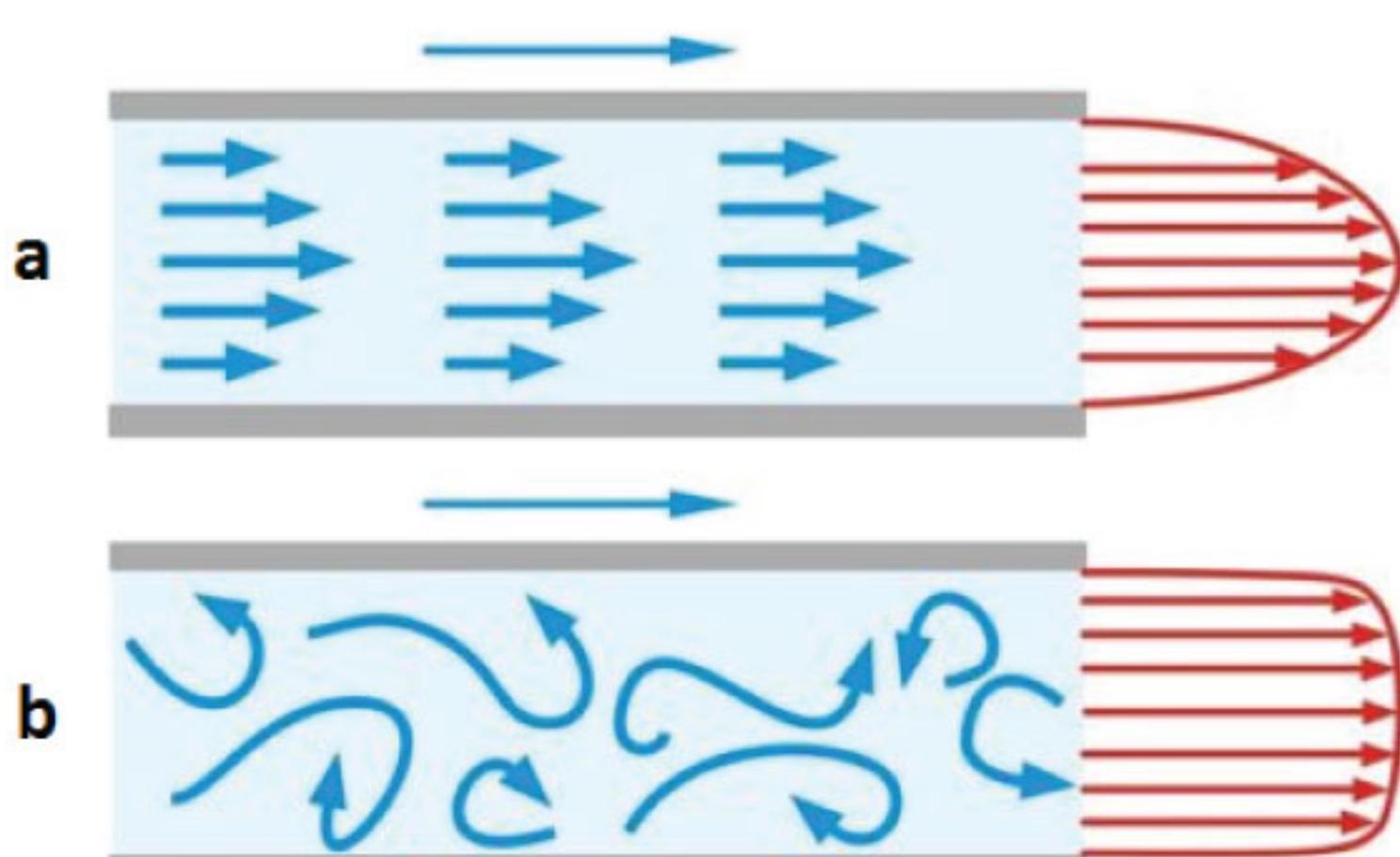
شکل ۱- پرس هیدرولیک مبتنی بر سیال آب

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 پمپ‌هایی 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 و 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 به عنوان سیال هیدرولیک بود.

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

۱-۲) اصطکاک

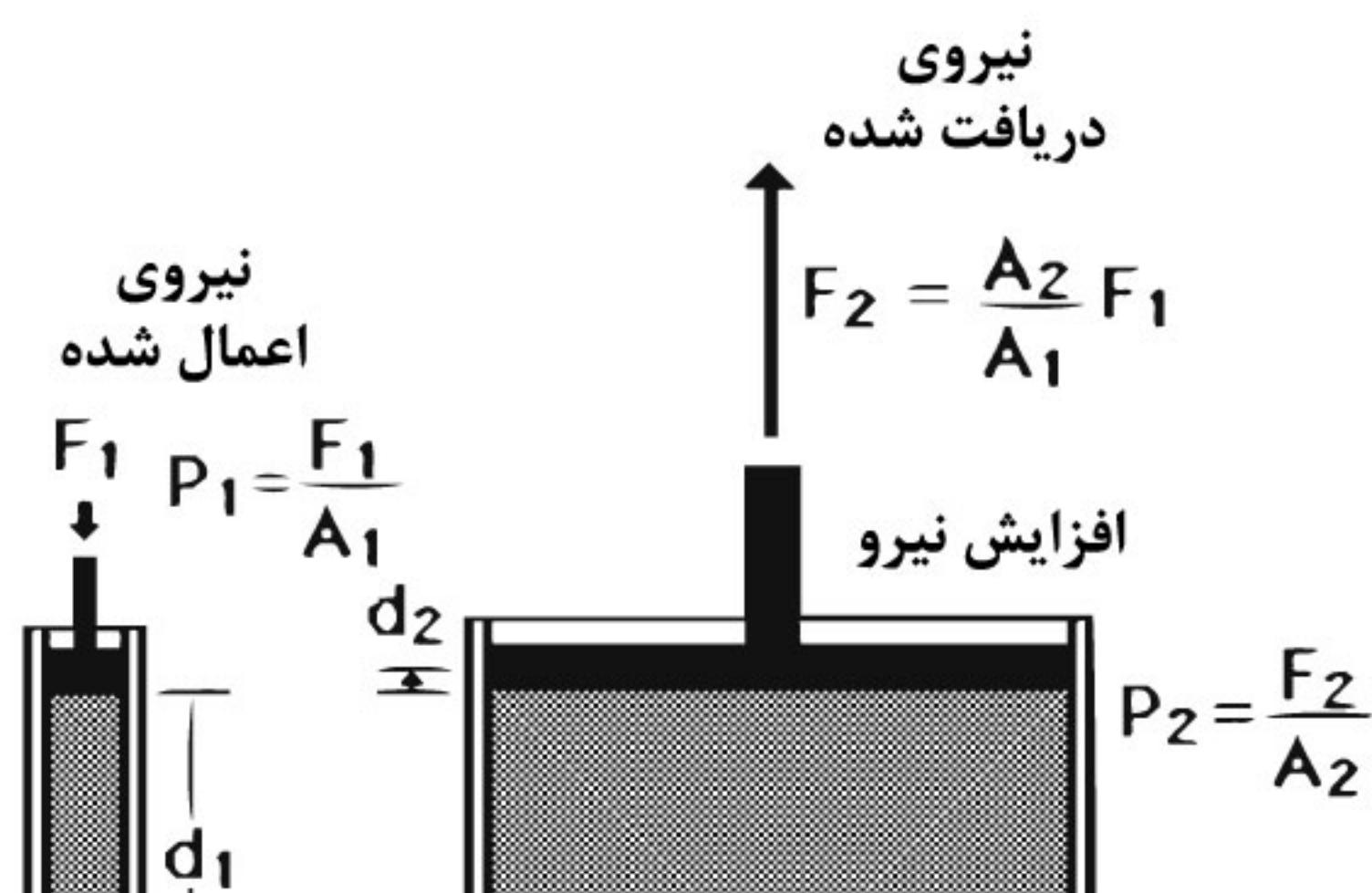
چنانچه گفته شد عدم راندمان کامل انتقال نیرو در یک سیستم هیدرولیک به هدر رفت انرژی اعمالی براثر وجود اصطکاک مربوط است. در سیستم‌های هیدرولیک علاوه بر اصطکاک بین سطوح فلزی (عمدتاً بین اجزاء متحرک سیستم مانند پمپ‌ها، شیرها و جک‌ها)، جریان پیدا کردن سیال در فضای سه‌بعدی منجر به ایجاد اصطکاک بین مولکول‌های سیال و تمامی سطوح در تماس با این سیال می‌شود، خود مولکول‌های تشکیل‌دهنده سیال نیز به دلیل برهمکنش‌های درون 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 اتفاق 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 عده سیالات به کاررفته در سیستم‌های هیدرولیک از لحاظ ساختار مولکولی جزو ترکیبات غیرفعال شیمیایی دسته‌بندی می‌شوند عده 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 تأثیرپذیرند. 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 مورداستفاده (نوع روغن‌پایه مورداستفاده) 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 به‌نحوی که حرکت سیال به‌صورت جریان‌های موازی منجر به کاهش اصطکاک بین سطوح، سیال و سطوح، و اصطکاک درونی سیال می‌شود. بر این اساس است که در طراحی اجزاء سخت افزاری همواره سعی می‌شود از جریان‌های نامنظم گردابی-کاتورهای جلوگیری شود (شکل ۳).



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

۱-۱) ارتباط دانسیته (فوائل بین‌مولکولی) 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



$$\begin{aligned}F_1 d_1 &= F_2 d_2 \\d_1 &= \frac{F_2}{F_1} d_2 = \frac{A_2}{A_1} d_2\end{aligned}$$

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 مورداستفاده، افزایش راندمان تبدیلات انرژی، فشار و نزدیک کردن مقادیر آن‌ها به مقادیر حالت ایده‌آل، در کنار ایجاد محافظت از سخت‌افزار است. در قرن بیستم ظهور طراحی‌های جدیدتر با نیاز به کاهش اصطکاک (محافظت از سخت‌افزار تجهیزات و کاهش اتفاق انرژی براثر 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 کارکرد 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 ذکر شده 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 هرچه میانگین حجم مولکولی هیدرودینامیک سه بعدی یک سیال بزرگتر باشد (در صورت عدم قطبیت ساختار) به واسطه دافعه و اندروالسی بزرگتر در فواصل کوتاه و جاذبه و اندروالسی دوربرد، سیال فواصل بین مولکولی بزرگتری را تجربه می کند (دانسیته کوچکتر) و در سیالات با مولکولهای کوچکتر به دلیل کاهش مقدار دافعه و تقلیل جاذبه به فواصل کوتاهتر، فواصل بین مولکولی کاهش می یابد (دانسیته بزرگتر). به طور کلی هرچه فواصل بین مولکولی یک سیال بزرگتر باشد در برابر اعمال فشار تغییر حجم بزرگتری را تجربه خواهد 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) 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، درنتیجه 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 گرمای اسیله 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 دمای راندمان متراکم پذیری سیال کمتر است. از بعد دیگر در دمای 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 کمتر می شود و سیال متراکم می شود. هر عاملی که موجب تقویت دافعه بین مولکولی شود موجب تأثیر پذیری کمتر سیال از فشار خارجی چه از لحاظ تراکم پذیری، چه اصطکاک درون مولکولی و چه ویسکوزیته می شود. بر این اساس در شرایطی که مولکولهای 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 کمتری 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 هیدرولیکی 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 گرانروی روغن مورب بحث مرتب کرد. به نحوی که روغن های با شاخص گرانروی بالاتر تأثیر تغییرات گرانروی کمتری نسبت به فشار دارند و دلیل این امر را به فواصل بین مولکولی و تنوع مولکولی آنها 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 مولکولهای سیال به حرارت پراشر

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 کوچکتر اصطکاک بالاتری را نسبت به سیالات با دانسیته کمتر (اما با ساختار شیمیایی یکسان) تجربه می کند.

۲-۱) ارتباط فشار و اصطکاک

اصطکاک تابعی از نیروهای بین مولکولی و این نیرو تابعی از فواصل بین مولکولی است. در یک شرایط استانداره مولکولهای یک سیال به نحوی جهت گیری می کنند که بالاترین جاذبه و کمترین دافعه و اندروالسی را داشته باشند. بنابراین با اعمال فشار یا هر پارامتر خارجی که مولکولها را مجبور کند به هم نزدیک شوند دافعه 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 و 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 شاخصهای 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 مولکولها نیز کاهش پیدا می کند و در این حالت مولکولها 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 مولکولهای با وزن مولکولی بالاتر سرعت کاهش اصطکاک بین مولکولی کمتری 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 مورداستفاده 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 شوکهای فیزیکی کوچک و انواع نویزها در طی عملکرد سیستم است. از سوی دیگر در صورتی که سیال دارای مقدار 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 ضربه گیری 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.

۲-۱) 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 گروههای عاملی تشکیل دهنده ساختار شیمیایی و حجم هیدرودینامیک مولکولهای سیال است، این دو پارامتر با تأثیر بر مقدار دافعه و جاذبه نیروهای واندروالسی بین مولکولها منجر به ایجاد گسترهای از فواصل بین مولکولی برای هر سیال می شوند (به ازای هر دمای مشخص).

تشکیل شده است. دسته سوم روغن‌پایه‌های معدنی هستند که بر اساس نوع افزودنی‌های شیمیایی موجود در آن و حدود مورد انتظار ناشی از این حضور به زیرگروه‌هایی نظیر HR، HH، HL، HM، HV، HR و HG 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 تائیدیه‌های مختلفی شده‌اند. معروف‌ترین این تائیدیه‌ها به این شرح هستند:

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

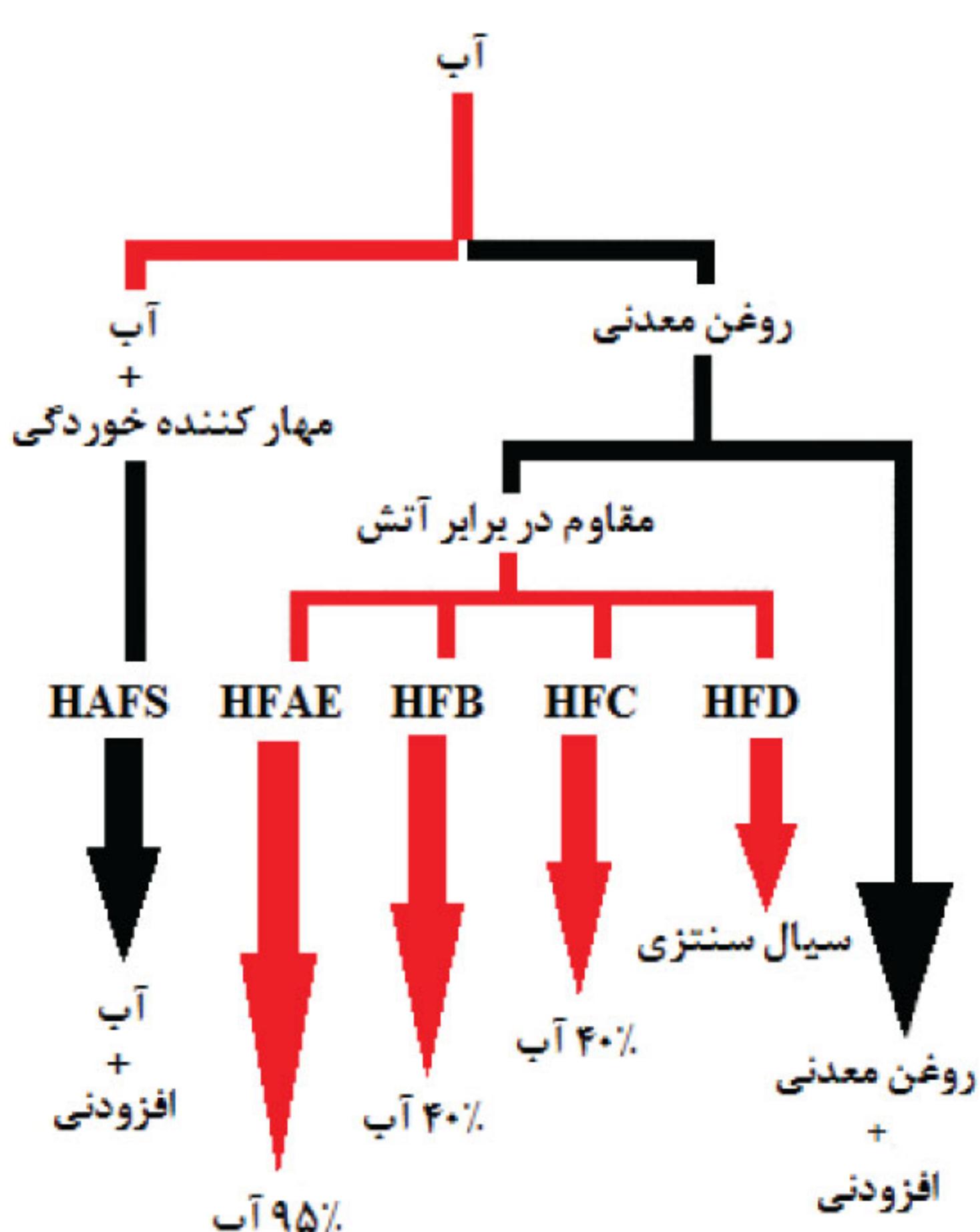
۲) تائیدیه S-2952-Vickers، بررسی کننده‌ی نیاز سیالات مورداستفاده در تجهیزات متحرک است. عمدتاً محدودیت‌های ویسکوزیتی سیال را بررسی می‌کند و الزامات تست‌های دقیق ۳۵VQ25 پمپ‌های هیدرولیک را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

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

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

۵) تائیدیه NATO code H515 که مبتنی بر سیالات هیدرولیک با پایه معدنی فوق تمیز با شاخص گرانزوی فوق العاده بالا (حدود ۳۰۰) و جریان پذیری مناسب در دمای پائین است.

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



شکل ۴- دیاگرام تقسیم‌بندی سیالات هیدرولیک براساس استاندارد ISO

اصطکاک بین مولکول‌های سیال، سیال و سطوح فلزی است، این حرارت در کنار دمای کار کرد 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 حداقل های لازم در پایداری اکسیداسیونی را داشته باشد تا بروز مشکلاتی نظیر تولید ناخالصی، از دست رفتن خواص روانکاری و آسیب به سخت‌افزار مورداستفاده تا حد ممکن به تأخیر افتد.

۱-۲-۳) 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 تأمین کننده انرژی فعال‌سازی واکنش‌های اکسیداسیون نقش اساسی در این واکنش‌ها ایفا می‌کند به نحوی که به‌ازای هر ده درجه سانتی‌گراد افزایش دما سرعت واکنش اکسیداسیون تقریباً دو برابر می‌شود. از این‌رو 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.

۲-۲-۳) 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 سمت دادن واکنش به سمت فاقد مولکول‌های گازی که در این واکنش به سمت محصولات است، می‌شود. درنتیجه 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:

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

International Organization for Standardization (ISO) موسسه ن 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 HFAE امولسیون روغن در آب، HFB امولسیون آب در روغن، HFC PAG های محلول در آب و HFD ها که روغن‌های سنتزی مانند فسفات‌استرها، هیدروکربن‌های کلره، استرهای آلی هستند،

۱-۳) میزان جریان پذیری سیال در سرما

به منظور 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، عمدهاً توان پمپها عامل اصلی محدودکنندهٔ حداکثر و حداقل ویسکوزیته سیالات هیدرولیک است (جدول ۱). در حالی که حداقل ویسکوزیته سیال با اندازه‌گیری این پارامتر در دمای 100°C 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، با وجود اعمال فشارهای بالا (پیش از این 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 پیش از این 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. درنتیجه جریان پذیری یک سیال به عنوان معیاری از ویسکوزیته بهشت وابسته به نوع روغن‌پایه 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 IP 15 و ASTM D97 کمتر از پایین‌ترین دمای کارکرد سیستم باشد.

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

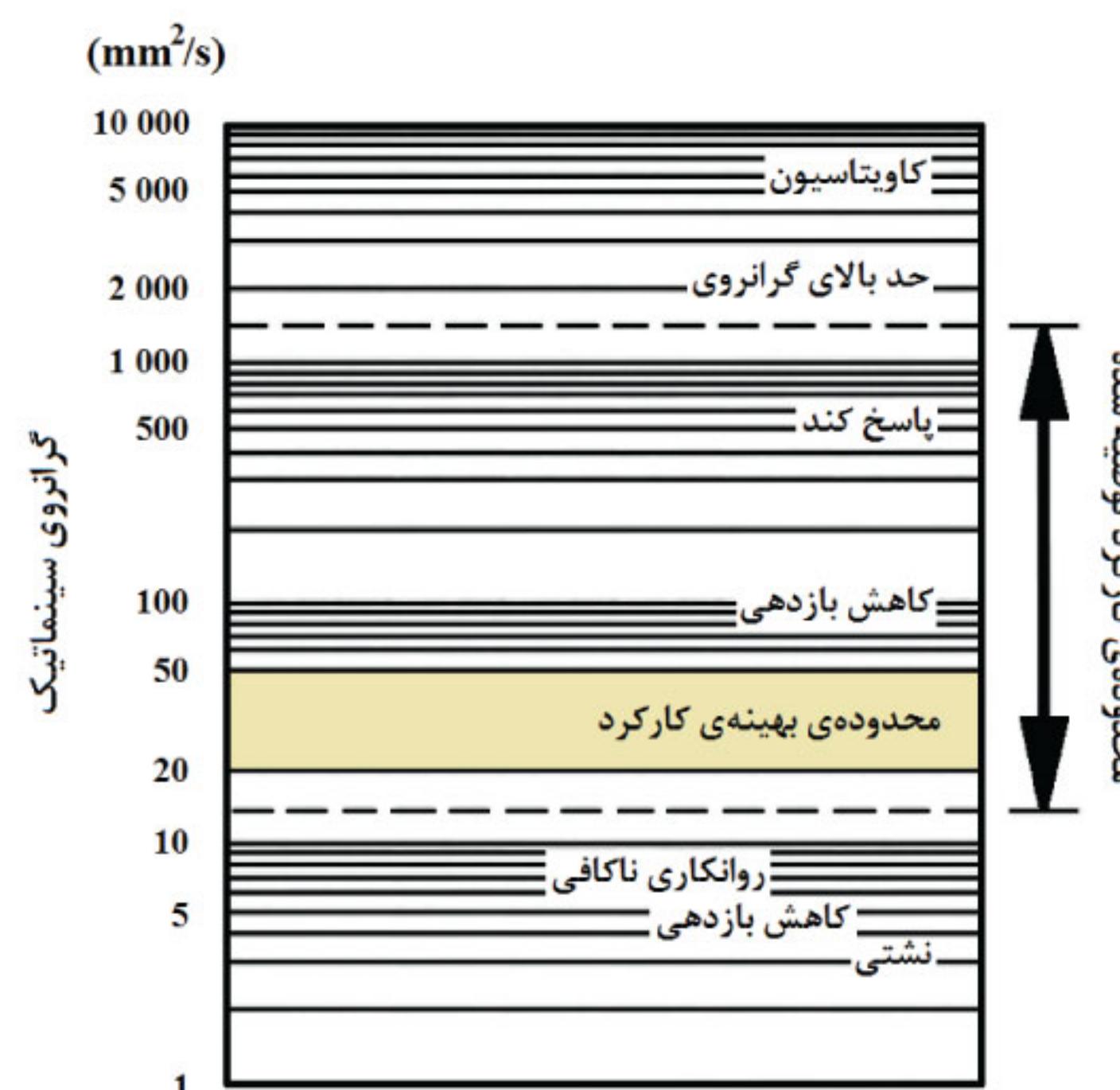
نخستین تقسیم‌بندی سیستماتیک سیالات هیدرولیک توسط ISO مبتنی بر ویسکوزیته سیال در دمای 40°C درجه سانتی‌گراد و بر اساس سانتی‌استوک بوده است (با استفاده از ASTM D445). گرچه این نوع تقسیم‌بندی هنوز هم در کنار دسته‌بندی سیستماتیک استانداردهای مختلف، در تعیین بهترین سیال برای هر سیستم هیدرولیک نقش مهمی را ایفا می‌کند. اما با توسعه سیستمهای هیدرولیک، پارامترهای فیزیکی شیمیایی تشکیل‌دهنده آن معیاری برای تقسیم‌بندی‌های جدید بوده است. با توسعه‌های بیشتر لازم است در انتخاب سیال سیستمهای هیدرولیک مواردی نظری محدودیت‌های ویسکوزیته موردنیاز این سیستمهای گستره دمایی کارکرد آن‌ها، احتمال آتش‌سوزی در سختافزار، سازگاری ترکیب شیمیایی سیال با نوع آلیاژ سختافزار، سازگاری سیال با الاستومرهای آب بند 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:

ظرفیت مکش		ویسکوزیته (cSt)			نوع پمپ
bar	mmHg	حداکثر	توصیشده	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 SEQUENCE VIII برای BASE OIL INTERCHANGE - ۱

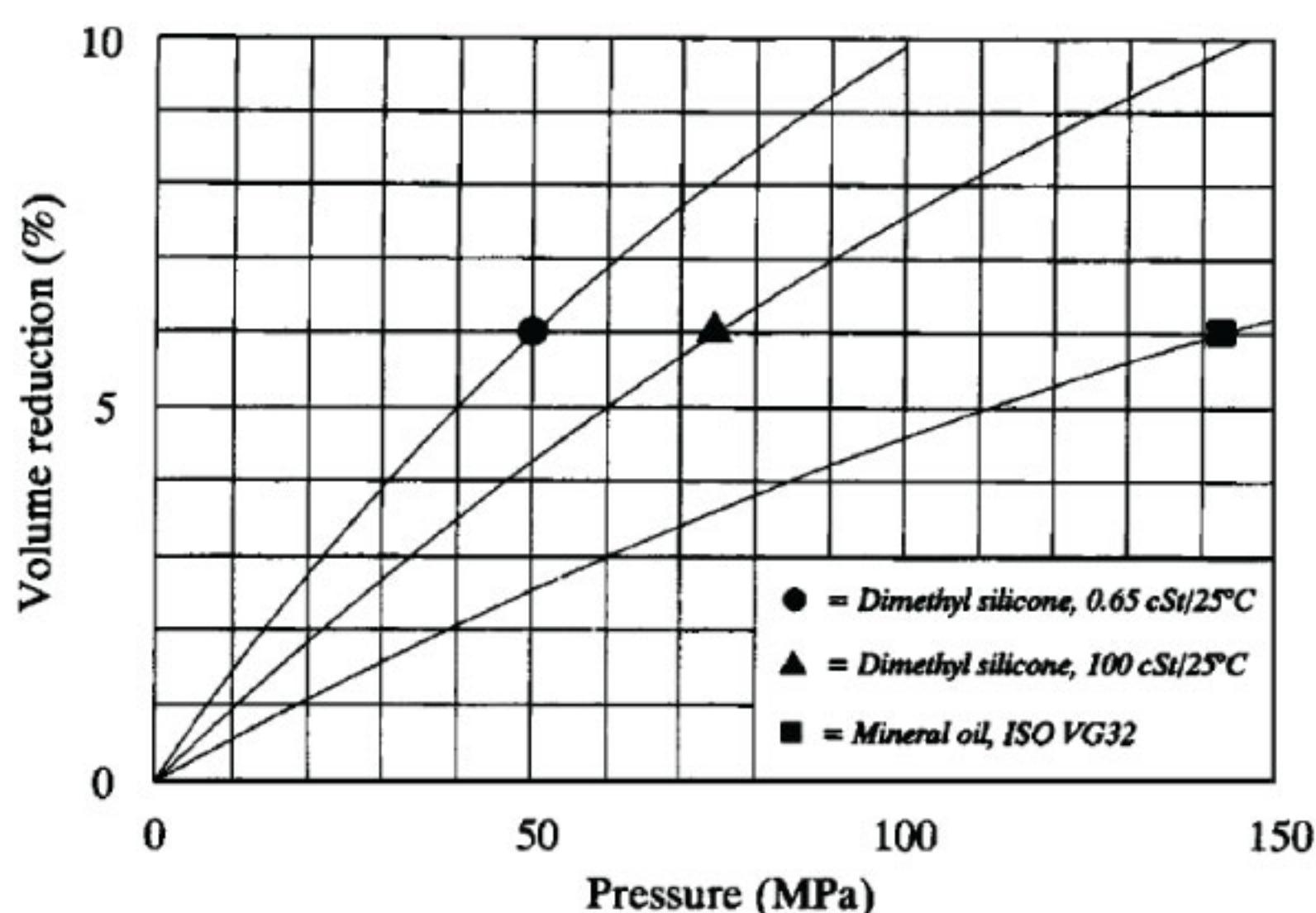
۲-۳) شاخص گرانروی

تغییرات ویسکوزیته با دما یک اصل کاملاً پذیرفته شده 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 ویسکوزیته این سیال نسبت به دما است. در مواردی که گستره 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 برایندی 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 درنتیجه ویسکوزیته کاهش پیدا کند. از آنجایی که نوع و مقدار نیروهای بین‌مولکولی هر نوع سیال مقدار تغییرات ویسکوزیته با دما متفاوت است. بنابراین گستره 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 سیال سیلات 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 به‌خوبی میسر می‌شود، اما بهای آن انتقال سریع کوچک‌ترین تنش‌های فیزیکی (نویز و لرزش) در کل سیستم است چیزی که از آن به عنوان نویز و خشک کار کردن سیستم یاد می‌شود (عملًا 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 کار کرد نرم و بدون نویز-لرزش سیستم شود. سیلیکون، سیلیکات‌استرهای، فلوئوروکربن‌ها و فلوئوروواترهای 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 نفتیک‌ها دارای بالاترین مقدار تراکم‌پذیری هستند، آروماتیک‌ها کمترین مقدار تراکم‌پذیری را دارند و پارافینیک‌ها بین این دوسته قرار می‌گیرند. این طوالی کاملاً با فواصل بین مولکولی خانواده نفتیک‌ها 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 نقطه اشتعال بالاتر سیال می‌شود که نه تنها منجر به ایجاد محدوده امن گستردگی 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 دیگر 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 گرانزوی 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 مورداستفاده (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 بهبوددهنده شاخص گرانزوی به فرمولاسیون پکیج‌های این حوزه (برای برخی تائیدیهای 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 مورداستفاده قرار گرفتند. میزان تأثیر تنش برشی بر مولکول‌های هیدروکربن و شبه هیدروکربنی عمدهاً 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 وارد بدون ایجاد گستالت پیوند چنان مؤثر هستند که در حال حاضر صرفاً پلیمرهای خانواده PMA با وزن مولکولی کم به عنوان بهبوددهنده گرانزوی در این حوزه مورداستفاده قرار می‌گیرند. به طور کلی هر عاملی که باعث جلوگیری از انتقال نیروی جنبشی تنش وارد به سیستم سیال شود، نهایتاً نرخ گستالت فیزیکی پیوند های مولکولی‌های سیال را افزایش می‌دهد. بر این اساس، پایداری برشی در دماهای پائین که انتقال انرژی جنبشی در مدیوم سیال مختلف می‌شود عمدهاً پائین است. پایداری برشی عمدهاً با استفاده از روش‌های IP 294 DIN 51382 ASTM D3945 ASTM D2603 قرار می‌گیرد.

۳-۲-۴) وابستگی ویسکوزیته به فشار

چنانچه پیش از این شرح داده شد ویسکوزیته یک سیال به فشار اعمالی در شرایط اندازه‌گیری وابستگی مستقیم دارد و با افزایش فشار، ویسکوزیته سیال چهار افزایش می‌شود. این رابطه ناشی از تغییر تعادل نیروهای بین مولکولی در اثر تغییر فواصل بین مولکولی 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. به عبارت دیگر میزان تغییرات ویسکوزیته به فشار تابعی از شاخص گرانزوی سیال است، هرچه میزان شاخص گرانزوی یک سیال بزرگ‌تر باشد میزان تأثیر پذیری تغییرات ویسکوزیته‌ی آن نسبت به فشار کمتر است. وابستگی ویسکوزیته به فشار با ضریب ۷ مشخص می‌شود که بر اساس مطالعات انجام شده مقدار آن برای گستره‌ی وسیعی از سیالات در فشارهای بین ۰/۱۰۰ 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 بخار پائین یکی از پارامترهای محتمل در ایجاد خلل در عملکرد سیستم هیدرولیک موردنبررسی قرار بگیرد.

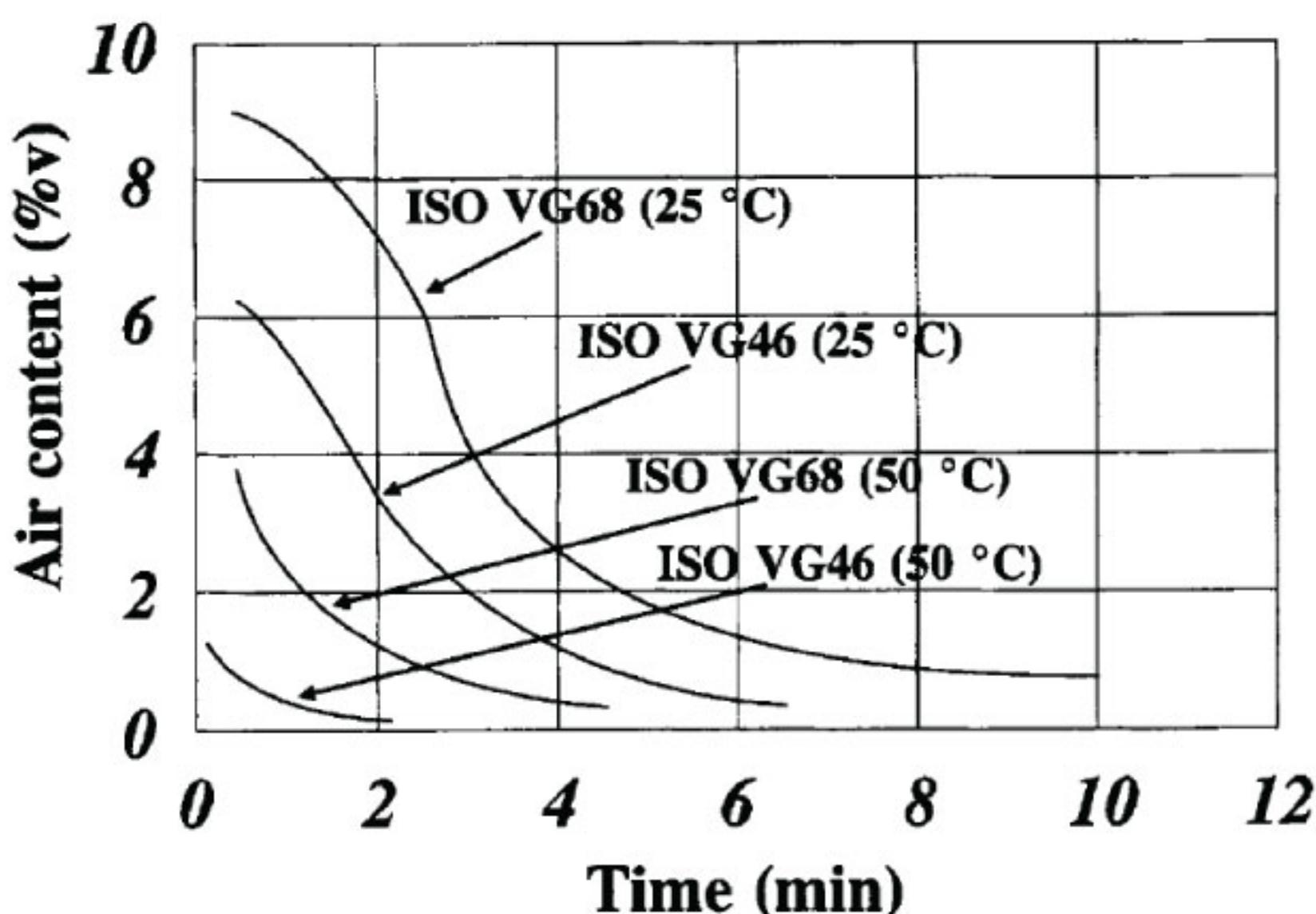
۳-۲-۵) تراکم‌پذیری سیال

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

عاملی است که تراکم‌پذیری سیال را بهشدت 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 مناسب 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 پدیده‌های کاویتاسیون و خلل در روانکاری و جریان پذیری سیال باشد بیشتری نسبت به سایر سیستم‌های روانکاری بروز خواهد 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 تجمع 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. هرچه 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 درحالی که 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 درحالی که برای اندازه‌گیری میزان کف سیال از روش‌های ASTM D892 و IP146 استفاده می‌شود.

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

جدول ۲- میزان فشار اعمالی بر تراکم‌پذیری سیال



شکل ۷- تاثیر دما و ویسکوزیته بر خروج هوا

ضریب تراکم‌پذیری بهشت متفاوتی نیز دارد و بر این اساس می‌تواند منجر به اخلال 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 به طور 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 گردید ویسکوزیته در کنار امکان کارایی در دمای بالا حائز اهمیت است این روغن‌های پایه سنتزی هستند که مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

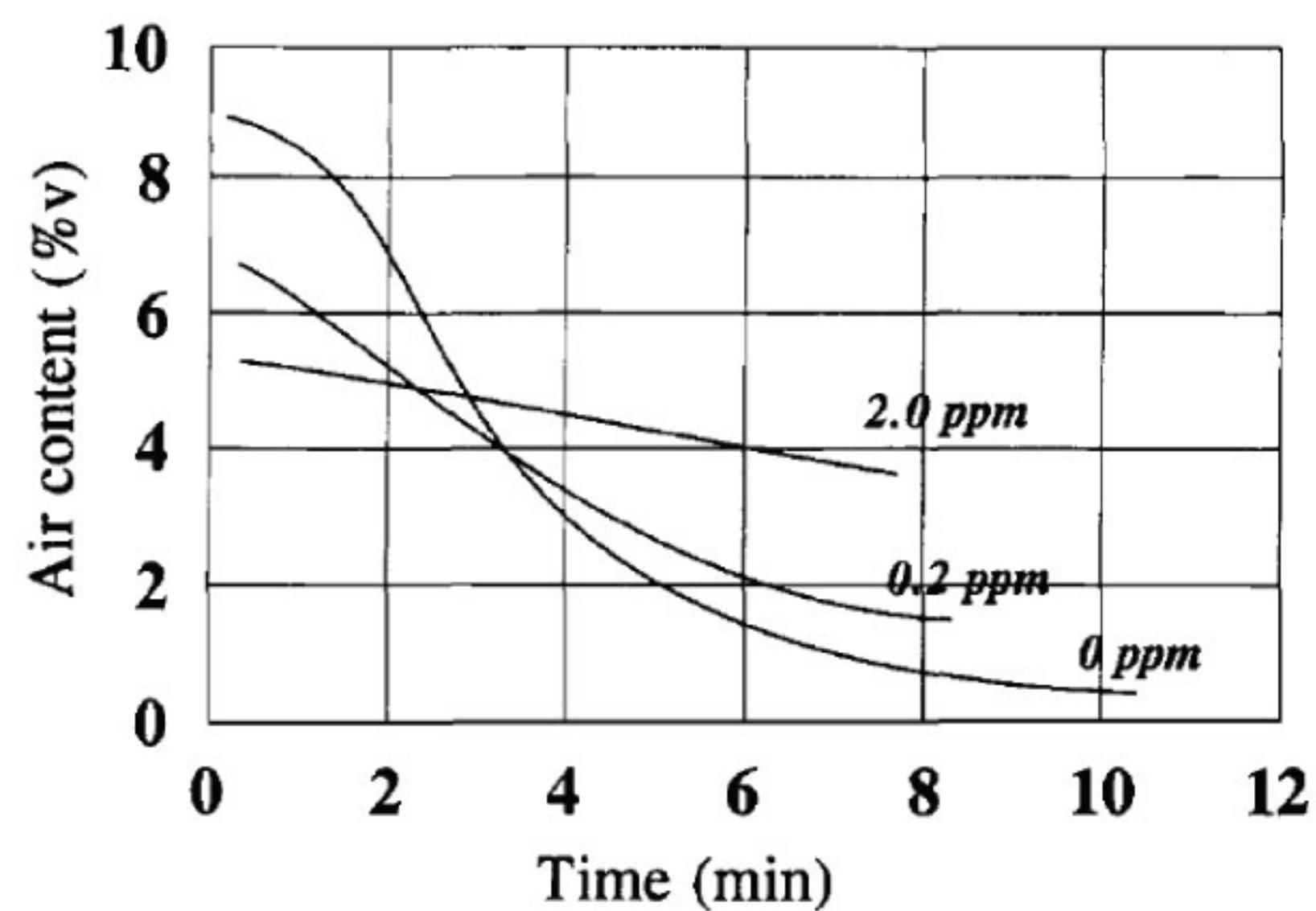
۳-۲-۷) خروج هوا و کف کردگی سیال

هر روانکار در شرایط عملکرد خود به واسطه تنش‌های فیزیکی و حرکت بخش‌های مختلف تجهیز همواره در معرض ورود و خروج سریع هوا قرار می‌گیرد. در شرایط عملیاتی درصورتی 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 نحوه عملکرد افزودنی‌های ضدکف دیدگاه غالب این است که کشش سطحی پائین آن‌ها منجر به کاهش کشش سطحی کل مجموعه سیال می‌شود، هرچند از بعد مولکولی جهت گیری سطحی این افزودنی‌ها به دلیل تأثیری که در پارامترهای کولیگاتیو سیال می‌گذارند نهایتاً منجر به کاهش کشش سطحی سیال خواهد 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 ماند 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 بهشت تشدید می‌کند. با خارج شدن روانکار از شرایط کاری، هوای محلول در سیال بر اساس گردید 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 دی‌متیل‌سیلوکسان) عمدتاً همراه با رفع مشکل کف کردگی، در پارامتر خروج هوا تأثیر منفی می‌گذارند و به همین دلیل در سیستم‌های صنعتی از افزودنی‌های ضدکف 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. مهم ترین نشانه انحلال بالای هوا در سیال هیدرولیک ایجاد نویز هنگام کار سیستم است. با افزایش انحلال هوا در سیال و عدم خروج سریع و به موقع آن، فواصل بین‌مولکولی سیال به واسطه مولکول‌های هوا دچار افزایش می‌شود (کاهش جزئی در دانسیته سیال نشانه بروز این پدیده است) و این

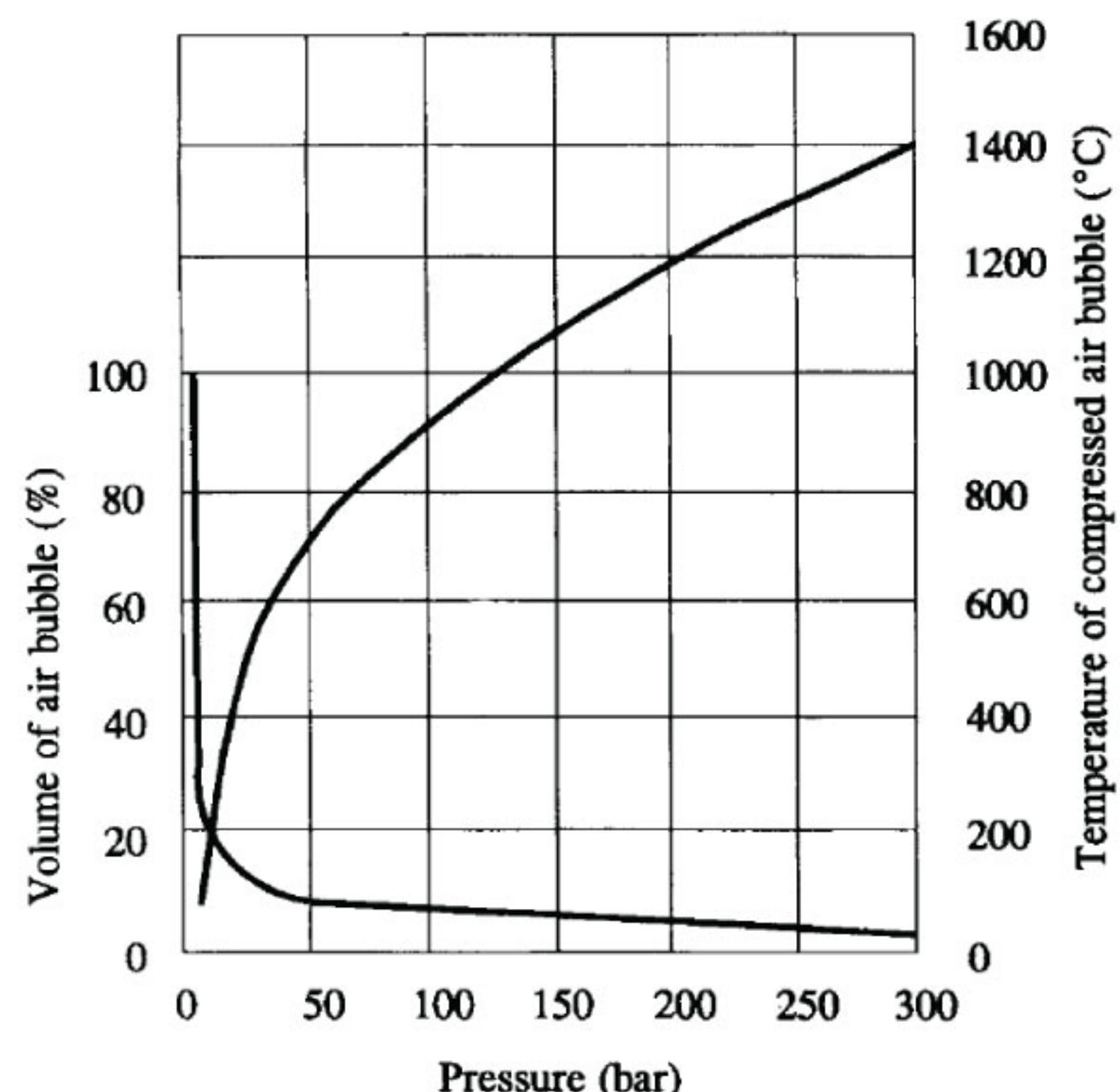
ترکیبات محافظ خوردگی هم ترکیبات قطبی هستند که برای جذب سطحی فلز شدن با مولکول‌های آب رقابت می‌کنند و بر این اساس از عملکرد تخریبی آن جلوگیری می‌کنند. تمایل تفکیک آب از سیال همواره متأثر از قطبیت سیال است و بر این اساس تابعی از فرمولاسیون سیال یعنی نوع روغن‌پایه و مواد افزودنی شیمیایی مورداستفاده در آن 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 رطوبت‌آب به سیالات هیدرولیک وجود دارد، ممکن است صرفاً از طریق رطوبت‌هوا 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 ASTM D1401 و برای اندازه‌گیری میزان آب موجود در سیال از روش IP74 و ASTM D95 و ASTM D1744 و ASTM D2619 با استفاده از این پایداری سیال در برابر رطوبت/آب با استفاده از ASTM D 3604 و ASTM D 3604 و ASTM D665b 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 گستاخ 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. به طور کلی با کاهش تنوع مولکولی در یک ساختار، پایداری حرارتی آن نیز افزایش پیدا می‌کند. از آنجاکه افزایش شاخص گرانزوی یک سیال معادل با کاهش تنوع و توزیع وزن مولکولی سیال است، نوع روغن‌پایه تأثیر مهمی در پایداری حرارتی سیال و به تبع آن طول عمر سیال خواهد داشت. پایداری شیمیایی سیال ویژگی است که به عدم واکنش پذیری سیال (هر نوع واکنش پذیری) اشاره می‌کند. از آنجایی که معروف‌ترین واکنش شیمیایی که یک سیال می‌تواند درگیر آن شود اکسیداسیون است، همواره عملکرد سیال در برابر این واکنش موردنبررسی قرار می‌گیرد و اضافه کردن آنتی‌اکسیدان‌ها هم در راستای محافظت سیال در برابر واکنش اکسیداسیون است. از آنجایی که برای اکسیداسیون ویسکوزیته سیال نهایتاً افزایش می‌یابد، اسیدهای اکسیداسیون 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 روغن‌پایه و افزودنی‌های شیمیایی آن، میزان ورود هوا به سیال، حضور اجزا فلزی به عنوان کاتالیزور و دمای عملکرد سیال است (شکل ۱۰). تأثیرگذارترین پارامتر در پایداری اکسیداسیونی یک سیال، نوع روغن‌پایه 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



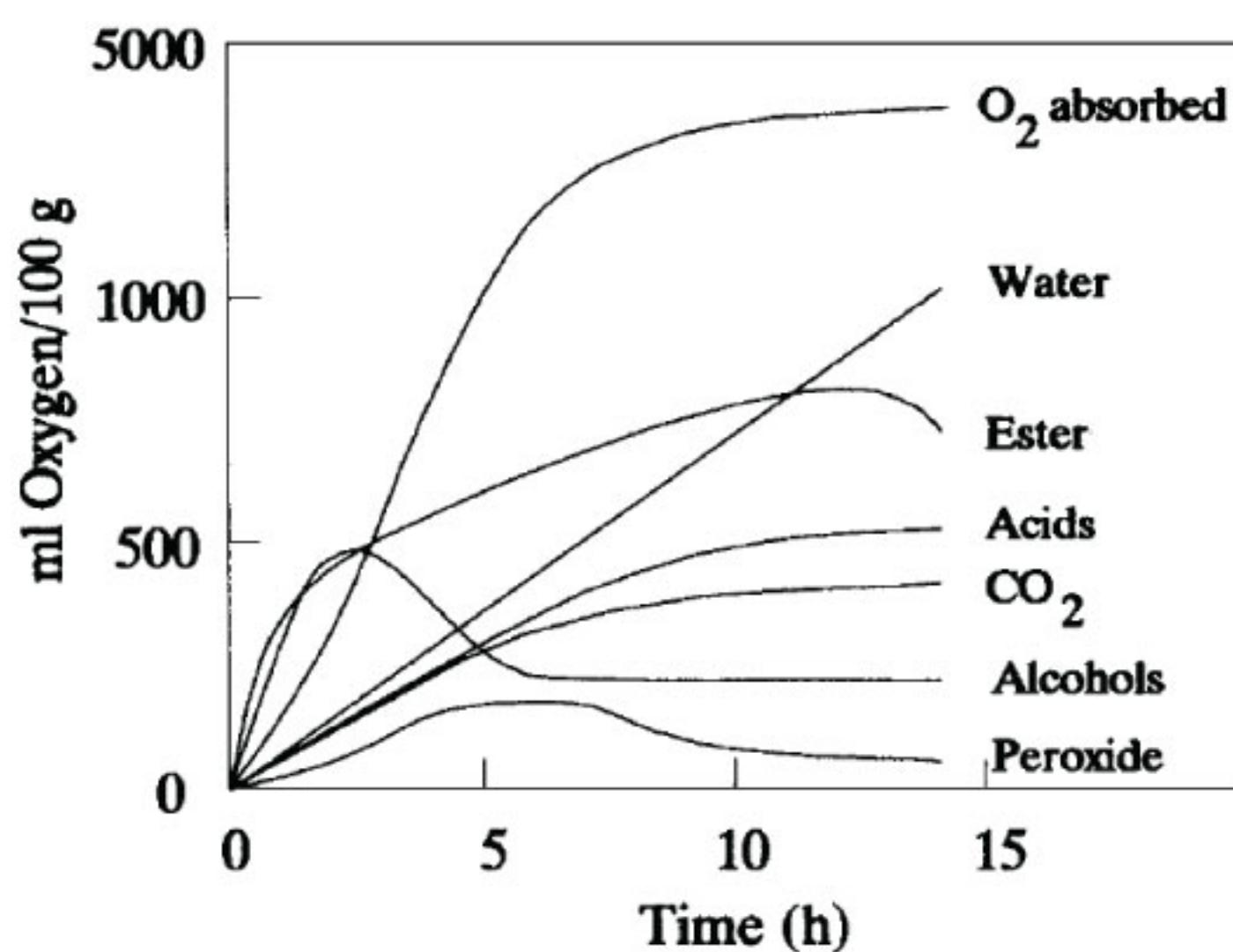
شکل ۸- تاثیر دما و ویسکوزیته بر خروج هوا



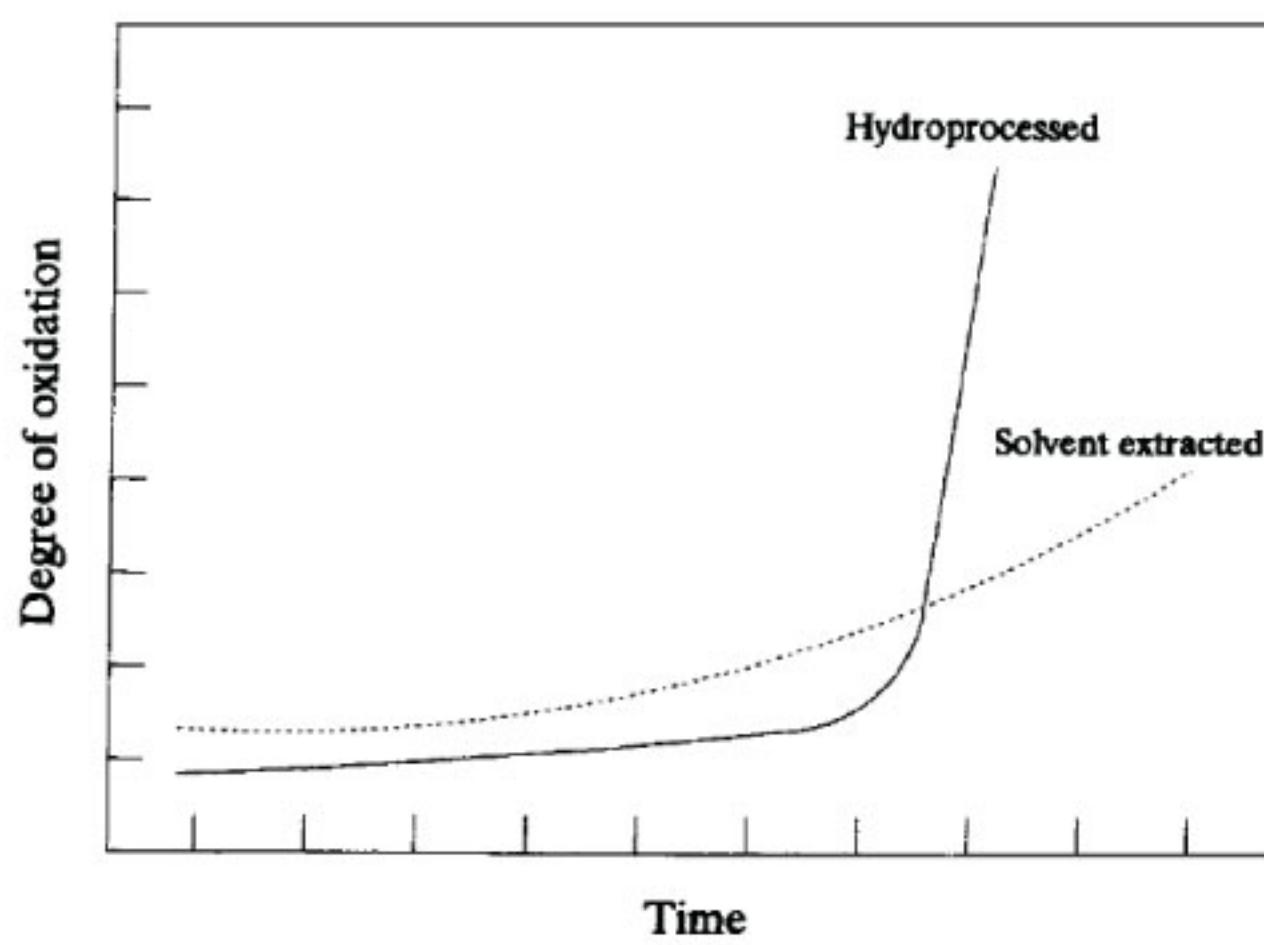
شکل ۹- تاثیر افزودنی‌های سیلیکونی بر خروج هوا

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 وهله‌ی اول ویسکوزیته‌ی سیال دچار افزایش می‌شود، این عامل از بعد مصرف انرژی، راندمان عملکرد و پاسخ‌دهی می‌تواند بهشدت تأثیرگذار باشد. از طرف دیگر عدم تفکیک مناسب آب و سیال هیدرولیک در درازمدت می‌تواند منجر به ایجاد زنگزدگی، خوردگی‌های فیزیکی و شیمیایی به علاوه تسريع در انجام واکنش‌های اکسیداسیون شود. از بعد عملیاتی در شرایطی که سیال دارای آب زیادی باشد در دماهای بالا (نzedیک 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، به منظور کاهش حداکثری عوارض ناشی از این حضور، از افزودنی‌های شیمیایی نظری آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات محافظ خوردگی استفاده می‌شود. آنتی‌اکسیدان‌های اولیه عمدهاً به عنوان ترکیبات گیرانداز رادیکالی عمل می‌کنند و



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



شکل ۱۱- تاثیر پروسه‌ی پالایش در پایداری اکسیداسیونی روغن‌پایه‌های معدنی

عاملی آروماتیک و سایر هترو اتم‌ها می‌شود، اما در طی فرآیند اکسیداسیون با وجود اینکه روغن‌پایه گروه I نسبت به گروه III سرعت لحظه‌ای بالاتری در واکنش اکسیداسیون دارد اما نهایتاً طول عمر مفید روغن‌پایه‌های 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 عموماً 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 عملًا مهم‌ترین عامل تخریب سیال به شمار می‌رود، از بررسی پارامترهایی نظری و یوسکوزیته 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 IP 328 و ASTM D2272 or IP 229 (RBOT)، ASTM D943 (TOST) مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین روش‌های بررسی پایداری اکسیداسیونی سیالات هیدرولیکی به شمار می‌رond. پایداری حرارتی عموماً 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.

روغن‌پایه سنتزی سیلیکون	استرها	سیالات مقاوم در برابر آتش‌سوزی				پارامتر حرارتی ظرفیت گرمایی ویژه (J/Kg per 0K)	شماره
		HFDR	HFC	HFB	HFA		
۱۴۶۰	۲۳۱۰	۱۲۷۰	۳۳۰۰	۳۳۵۰	۴۰۰۰		۱
۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۳۱	۰/۵۲	۰/۶۰	هدایت گرمایی (W/m per 0K)	۲

جدول ۳- پارامترهای حرارتی برخی سیالات هیدرولیک

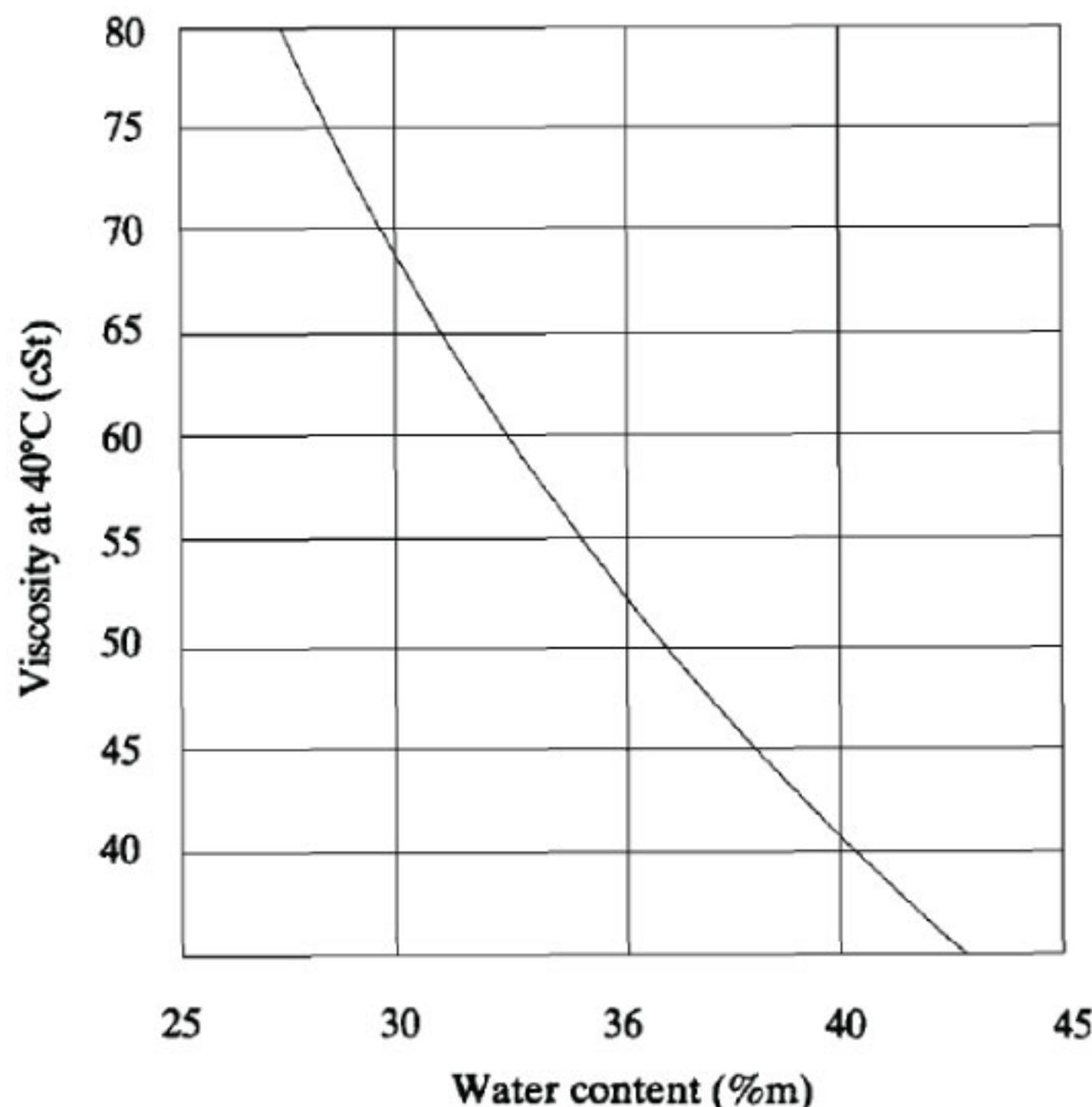
۳-۲-۱۱) مقاومت در برابر آتش‌سوزی

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 به عنوان معیاری از فشار بخار سیال و میزان اشتعال‌پذیری سیال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد نقطه اشتعال است، عموماً 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 به صورت مجزا بررسی خواهد شد.

۳-۲-۱۰) 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 گرمانه‌تنها 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 به عنوان سیالی با بالاترین ظرفیت گرمایی و ضریب انتقال حرارت همواره مهم‌ترین نقش را در سیستم‌هایی که به طور ویژه به پارامترهای حرارتی وابسته هستند، به عهده دارد (جدول ۳).

خانواده HFC ها و HFB ها که هر دو دارای ۳۵ تا ۴۵ درصد آب هستند، تفاوت تغییر درصد آب در ویژگی های فیزیکی این دو خانواده است. با کاهش درصد آب در خانواده HFB ها نه تنها مقاومت آن ها در برابر آتش سوزی کاهش پیدا می کند بلکه ویسکوزیته سیال نیز کاهش می یابد در حالی که در سیالات خانواده HFC با کاهش درصد آب ویسکوزیته سیال دچار افزایش می شود (شکل ۱۲)، تقابلی که ناشی از نوع روغن پایه های مورداستفاده در کنار آب است. بررسی و پایش سیالات مبتنی بر آب در طول عمر مفید آن ها به شرح جدول ۴ انجام می شود.



شکل ۱۲- تأثیر درصد آب بر ویسکوزیته سیال

۱-۱۱-۲-۳) سیالات مبتنی بر آب

این سیالات در چهار دسته‌ی کلی آب و افزودنی‌های شیمیایی (HFAS)، امولسیون آب در روغن (HFB)، امولسیون روغن در آب (HFAE) و PAG های محلول در آب (HFC) تقسیم می شوند. ویژگی اصلی این چهار دسته حضور آب است که منجر به خصلت ضد آتش آن ها می شود. استفاده از آب به دلیل فشار بخار بالای آن منجر به محدودیت ۶۵ تا ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گرادی در استفاده از این نوع از سیالات می شود. اما حضور آب از جهات دیگری هم دارای اهمیت است. مقدار آب سیال و حفظ آن در یک محدوده‌ی 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 میکرواورگانیسم‌ها در محیط سیال شود و گستره دمایی محدود عملکرد سیال را محدودتر کند. جدا از مقدار آب، کیفیت آب مورداستفاده در سیال هم در عملکرد آن بی‌تأثیر نیست تا جایی که استفاده از آب سخت منجر به ایجاد ذرات جامد کلسیم می شود و استفاده از آب نرم میزان فوم سیال را افزایش می دهد (به دلیل خواص کولیگاتیو حذف املاح). HFB ها و HFAS ها به دلیل اینکه امولسیون آب در روغن هستند اما HFAE ها دارند، در محدوده دمایی ۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد به کار گرفته می شوند و معمولاً در گریدهای ویسکوزیته ۶۸ و ۱۰۰ به بازار عرضه می شوند. HFC ها محلول‌های آبی از گلیکول‌ها و پلی آکریلن گلیکول‌ها هستند. معمولاً ادتیوهایی مانند افزودنی‌های ضد سایش، ضد خوردگی و ضد کف در آن ها مورداستفاده قرار می گیرد. 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 سرعت بالای ورود هوا به این سیال‌ها عامل دیگری است که توجه به پارامتر خروج هوا را در آن ها حائز اهمیت می‌سازد. نکته جالب در مقایسه دو

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

جدول ۴- پارامترهای بررسی طول عمر مفید سیالات ضد آتش

هیدروکربن‌های دارای استخلفهای هالید (عمدتاً کلر) هستند که مقاومت بالایی در برابر احتراق دارند و به عنوان اولین سیال ضد آتش مورداستفاده قرار گرفتند، اما به دلیل قیمت بالا توسعه آن ها بسیار محدود بوده است. HFDT ها مخلوطی از سیالات هیدروکربنی کلر و فسفات استرها است که هدف استفاده از آن به حداقل رساندن معایب استفاده از هیدروکربن کلر و فسفات استر به تنها یی و ایجاد تعادل بین ابعاد مختلف کارایی، هزینه و محدودیت‌های این دو سیال است. HFDS ها به صورت کلی شامل تمامی روغن‌های پایه سنتزی می‌شوند که به واسطه 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 پلی فنیل‌اترها 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

۱-۱۱-۲-۳) سیالات دارای ذات ضد آتش و سیالات با تمایل اندک به اشتعال

هر دودسته مبتنی بر روغن‌پایه‌های سنتزی هستند و در خانواده بزرگ HFDR ها قرار می‌گیرند. HFDR ها مبتنی بر روغن‌پایه 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 گرانروی پائینی دارند و از مشکل جاری شدن در دمای پائین رنج می‌برند اما مهم‌ترین مشکل آن ها تفاوت فاحش دانسیته آن ها با سیالات هیدروکربنی است عاملی که استفاده از آن ها را منوط به طراحی سیستم‌های مخصوص این سیالات و پمپهای مناسب با آن می‌کند، درنتیجه 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

هیدرولیک اعمال شود، بررسی سیالات جدید را اولویت بخشیده است (جدول ۵). درنتیجه در سال‌های اخیر عمدۀ 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 مورداستفاده، بخش‌های الاستومری و آببندها و جانمایی متفاوت برخی اجزای سخت‌افزاری نسبت به سیستم‌های مرسوم

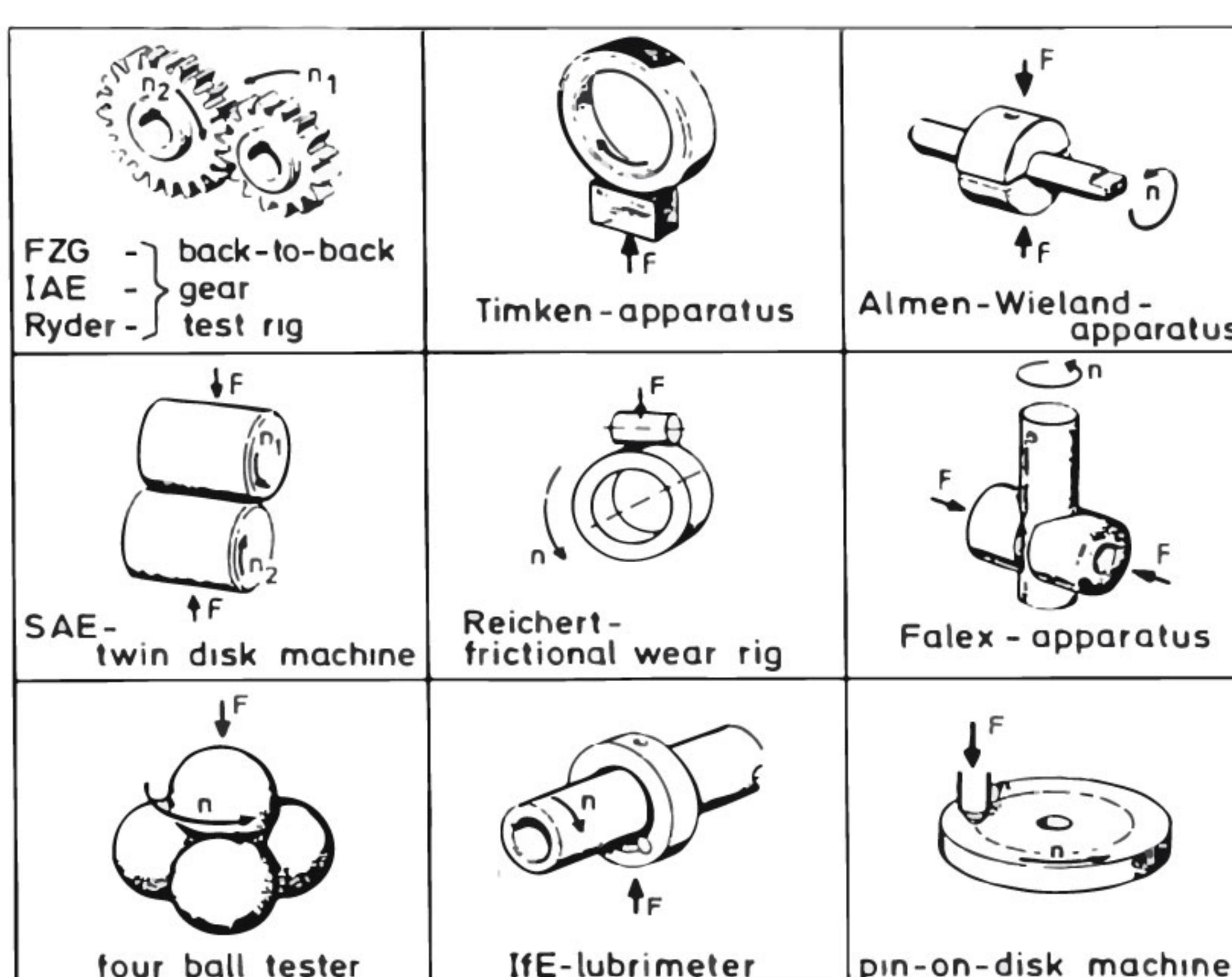
شماره	امولسیون روغن در آب (HFAE)	روغن معدنی	فسفات‌استر	آب و PAG	استرهای آبی	امولسیون آب در روغن
۱	دانسیته در ۱۵ درجه سانتی گراد	بالا	۰/۸۸	۱/۱۵	خیلی بالا	۰/۹۳
۲	شاخص گرانزوی	پائین	بالا	خیلی بالا	خیلی بالا	بالا
۳	فشار بخار	پائین	بالا	بالا	پائین	خوب
۴	روانکاری	خوب	خوب	متوسط	خوب	محدود
۵	فاکتور فشار بلبرینگ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

جدول ۵- ویژگی‌های سیالات هیدرولیک ضدآتش

از بخش‌های مختلف سخت‌افزار محافظت نمایند. به عنوان قاعده‌ای کلی هر عاملی که تمایل به جذب سطحی فلز داشته باشد می‌تواند محافظت از سطوح در برابر سایش را افزایش دهد و به طور 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 روغن‌پایه تأثیر شگرفی بر عملکرد نهایی سیال دارد. روغن‌پایه با تأثیر بر انحلال افزودنی‌های شیمیایی و میزان جذب سطحی آن‌ها و حتی گاه رقابت با این افزودنی در جذب

۳-۲-۱۲) محافظت در برابر سایش

در سیستم‌های هیدرولیک که اساس عملکرد آن‌ها اعمال فشارهای بالا است اساسی‌ترین ویژگی سیال مورداستفاده (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 روغن‌پایه، افزودنی‌های شیمیایی مورداستفاده 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 مورداستفاده در سخت‌افزار یک سیستم هیدرولیک لازم است طراحی سیال به صورتی انجام شود که روانکاری هیدرودینامیک و مرزی به صورت تؤمنان



شکل ۱۳- روش‌های مختلف اندازه‌گیری سایش

قطعه هیچ یک از این روش‌ها روش‌هایی جامع نیستند و هر یک معمولاً جهت ارزیابی عملکرد افزودنی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال آزمون شناخته شده ZDDP به منظور بررسی عملکرد افزودنی‌های ZDDP FZG مورداً استفاده قرار می‌گیرند و به این ترتیب شیمیایی حساس هستند. علاوه بر این مشخص شده است که الگوی ظاهری سایش ایجاد شده در یک سخت‌افزار ارتباط مستقیمی با اجزاء شیمیایی مورداً استفاده در سیال دارد.

۳-۲-۱۳) سازگاری با محیط‌زیست

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

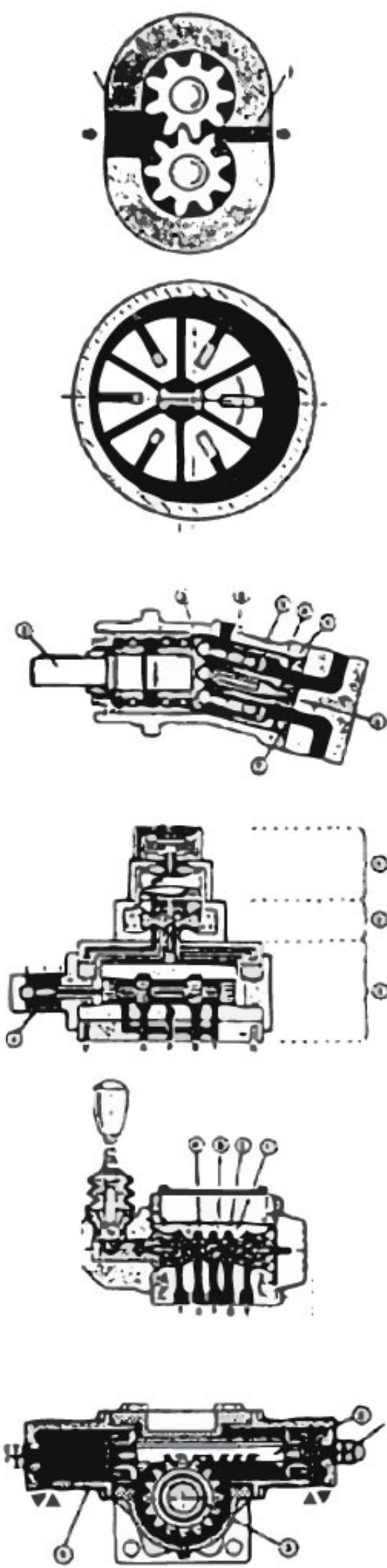
سطحی، می‌تواند تعیین کننده عملکرد نهایی یک سیال باشد. شناخته شده‌ترین افزودنی شیمیایی ضد سایش ترکیبات کمپلکس فلزی دی‌تیوفسفات‌ها با فلز روی است (ZDDP)، این ترکیب در ابتدا جذب سطحی فلز می‌شود و در ادامه در فشارهای بالا از تماس مستقیم سطوح فلزی با یکدیگر جلوگیری می‌کند و به این ترتیب از سایش جلوگیری می‌کند. با توجه به نقش اساسی ZDDP‌ها در عملکرد ضد سایشی یک سیال، حساسیت بالای مشتقات مختلف این افزودنی به حرارت و رطوبت از یکسو و احتمال رقابت با سایر ادیوها برای جذب سطحی همواره به عنوان موارد اساسی در فرمولاسیون سیال لحاظ می‌گردد. ترکیبات ضد سایش به ویژه ZDDP‌ها به دلیل واکنش‌پذیری شیمیایی بالایی که دارند می‌توانند در مواردی با آلیاژهای سازنده سخت‌افزار هم وارد برهمنکش 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 به خصوص در شرایط عملیاتی سخت‌تر است. عملکرد سیال در برابر سایش معمولاً با استفاده از روش‌های Denison P46، 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 گرانزوی	۱۴۵	۲۱۰	۲۰۰	۱۸۰
۳	دانسیته در ۱۵ درجه سانتی‌گراد	۰/۸۸	۰/۹۲	۱/۰۳	۰/۹۲
۴	نقشه 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 استومرهای 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 زیست تخریب‌پذیر با روغن معدنی

مناسب سیال امکان‌پذیر می‌شود و برای خروج ذرات معلق نیز از یک سیستم فیلتراسیون پیوسته استفاده می‌شود. به عنوان مثال در یک سیستم هیدرولیک با حجم کمتر از ۴۰ لیتر سیال بین ۱ تا ۳۰۰۰۰۰ 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 فعل موجود در سیال باشند یا از خارج سیستم (مانند گردوغبار) وارد سیستم شده باشند، در حالی که ناخالصی‌های فیزیکی-مکانیکی یا در زمان راه اندازی سیستم و برآثر فعالیت‌های ساخت‌وساز وارد شده‌اند یا برآثر سایش در طی عملکرد سیستم تولید شده‌اند، ناخالصی‌های شیمیایی عمده‌ای برآثر وجود رطوبت محیطی و واکنش با اجزاء شیمیایی فعل در محیط سیال تولید می‌شوند. ناخالصی‌های خارجی هم

۳-۲-۱۴) 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 جامد 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 مورداً استفاده در سیستم‌های هیدرولیک و میزان حساسیت آن‌ها است که سطح قابل قبول تمیزی سیال را تعیین می‌کند (شکل ۱۴). از این‌رو لازم است در وهله اول از ایجاد و ورود این ذرات جامد در برابه سیالات هیدرولیک جلوگیری شود، در مرحله بعدی لازم است این ذرات از سیال و سیستم هیدرولیک خارج شود. مورد اول با انتخاب



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

برابر هواده‌ی از شیرها، الاستومرها و نشت سایر سیالات می‌توانند وارد سیال هیدرولیک شوند. به طور 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 راندمان فیلتراسیون تأثیر می‌گذارند، در حالی که ذرات بالای ۵ میکرومتر و ذرات ژله مانند منجر به انسداد تخلخل فیلترها و نهایتاً اخلال در جریان سیال می‌شوند. بر اساس آنچه گفته شد جهت جلوگیری از تأثیر نامطلوب انسداد فیلتر بر جریان سیال بایستی وضعیت فیلتر به صورت 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 تولید شده/وارد شده 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.

۳-۲-۱۵) 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 نه تنها 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 عموماً با استفاده از روش‌های IP 278 و ASTM D3604 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و پارامترهایی مانند تغییر شکل و اختلاف وزن معیار نتیجه‌گیری در مورد این آزمون‌ها است.

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, Szdzhalombatta, 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.

جمع‌بندی بخش اول:

sisteme های 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 ساخت‌افزاری، 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 ساخت افزاری و استراتژی‌های مورد استفاده در طراحی و مهندسی این سیالات بپردازیم.

بیست و چهارمین نمایشگاه بین المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی

● امین برمايون
کارشناس مهندسی فروش شرکت افزوون روان



نمایشگاه بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی ایران یکی از مهم‌ترین نمایشگاه‌های تخصصی در زمینه نفت و گاز در جهان به شمار می‌آید که هر ساله در محل نمایشگاه بین المللی تهران برگزار می‌شود و موجب به روز شدن شرکت‌ها از جنبه‌های مختلف می‌شود. فعالان صنایع نفت و پتروشیمی از این فرصت برای ارائه دستاوردها و محصولاتشان استفاده می‌کنند و با بررسی نیازهای بازار سعی در برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های آتی مورد نیاز می‌کنند.

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 وزارت‌خانه‌ها و مدیران شرکت‌های مرتبط و برخی نمایندگان مجلس افتتاح گردید. در این نمایشگاه صدھا 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.

شرکت‌های داخلی در ۳۵۹۷۷ مترمربع فضای سرپوشیده و ۸۹۸۶ متر مربع فضای باز و غرفه‌های 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 پاویون حضور داشتند.

شرکت افزوون 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 نشست‌ها و دیدارهای تخصصی در حوزه‌های فنی، بازرگانی و فروش سهمی در بالا بردن سطح همکاری با مدعوین و فعالان بالقوه و بالفعل مراجعه کننده داشت. از طرف دیگر کارشناسان افزوون روان با بازدید از غرفه‌های شرکت‌های مرتبط با حوزه روانکار و برگزاری نشست با افراد مهم و کلیدی این صنعت تعاملی سازنده را با آنها برقرار کرده و برای فعالیت‌های مشترک آتی زمینه‌سازی کردند.

بیش از ۷۰ جلسه تخصصی در غرفه شرکت افزوون روان و بیش از ۴۰ جلسه در غرفه فعالین صنعت روانکار و با حضور نمایندگان شرکت افزوون روان در طول این نمایشگاه برگزار گردید. کارشناسان شرکت افزوون روان در جلساتی که با شرکت‌های دانش‌بنیان داشتند، حوزه‌هایی که این شرکت‌ها 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.

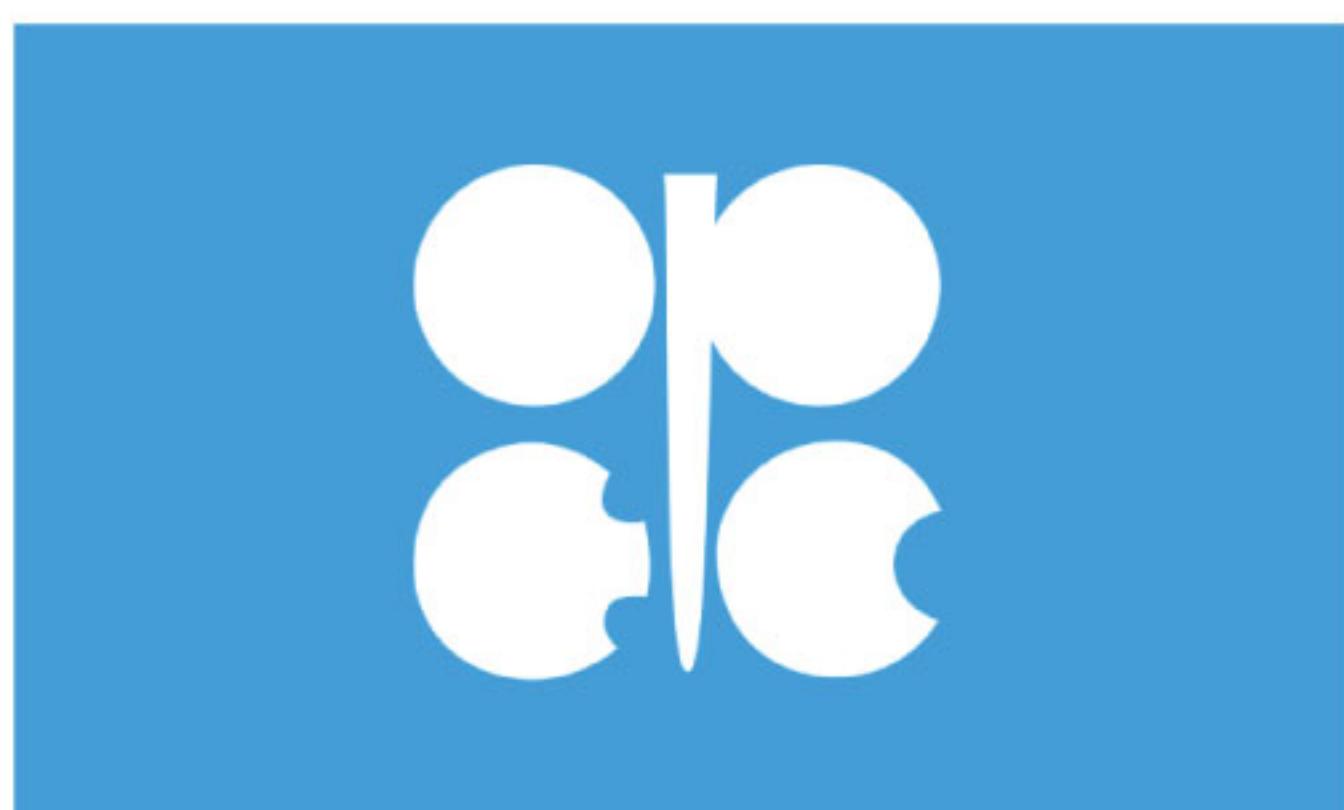




● امیرحسین ثقفی
جمع‌آوری و تدوین خبر

News

خبر



چاپ کتاب اصول روانکاری توسط شرکت نفت سپاهان

هم‌زمان با برگزاری بیست و چهارمین نمایشگاه بین‌المللی نفت و گاز که هرساله 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 و بستر 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 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 متواتی بود و ارزش این سبد به همراه شاخص‌های قیمت نفت بهشت 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 تحويل در آینده در ازای سرمایه گذاری کالا یا خدمات بخشد. 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 بدھی‌ها 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 API SN, SM/CF

بنزینی مطابق با الزامات

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

قابلیت به کارگیری در درجه های گرانروی:

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

“

MX 5114

**بسته افزودنی
روغن موتور بنزینی**

کاربرد:

مناسب جهت تولید روغن موتورهای API SL/CF

بنزینی مطابق با الزامات

مزايا:
سطح کارایی بالای خودروهای سواری و موتورسیکلت چهار زمانه (JASO MA-2)

قابلیت به کارگیری در درجه های 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

مزايا:

ویژگی خاص این محصول قابلیت تولید درجه ی گرانروی 5W40 است.

قابلیت به کارگیری در درجه های گرانروی:

10WXX, 15W-XX

”

”

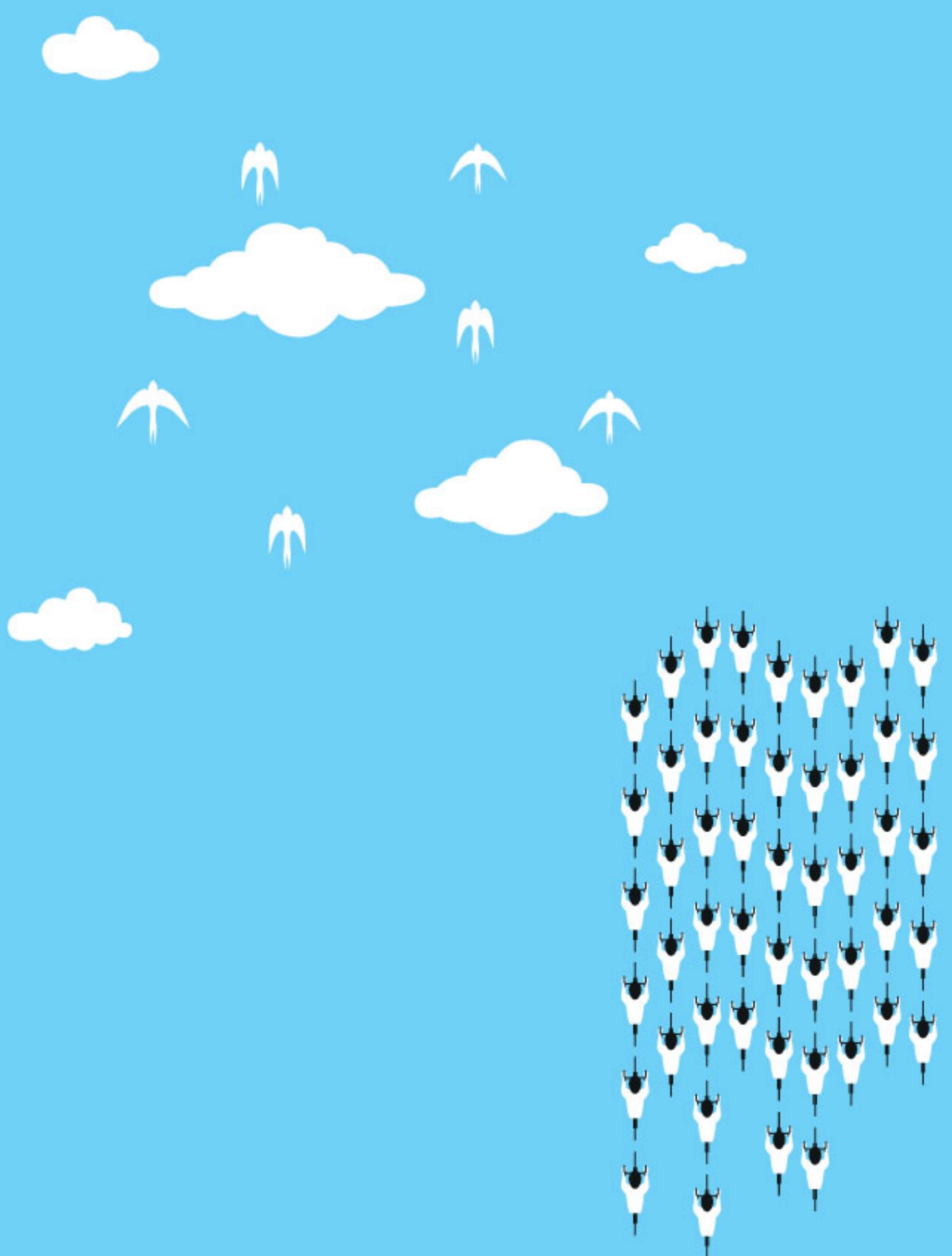
	Treat Rate
	7.5%
Specification	Performance
API	SN/CF
JASO	MA-2

	Treat Rate
	6.5%
Specification	Performance
API	SL/CF
JASO	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	



سه شنبه های بدون خودرو



باشگاه ورزشی بدون صرف وقت
آسمانی آبی تربای فرزندانمان
هیچ وقت در ترافیک نمی مانیم

پیش بینی دقیق زمان رسیدن
در مقابله با گرمایش زمین سهیم می شویم
راهی از نگرانی جای پارک

بادوچرخه تامحل کار