INSO
3310
1st. Revision
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۳۳۱۰
تجدیدنظر اول
۱۳۹۳

روغن‌های روان‌کننده- اندازه‌گیری خواص فشارپذیری (EP) - روش چهار گلوله

Lubricating fluids - Measurement of extreme-Pressure properties - Four-Ball method

ICS:75.100

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل میدهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International organization for Standardization
2- International Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«روغن‌ای روان‌کننده- اندازه‌گیری خواص فشارپذیری (EP) - روش چهار گلوله»

(تجدید نظر اول)

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
هاشمی، مهدی (دکتری شیمی تجزیه)	دانشگاه بوعلی سینا همدان
دبیر:	
صنعتگر دلشاد، الهام (کارشناس ارشد شیمی فیزیک)	شرکت رویان پژوهان سینا
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
افتخاری دافچاهی، سمیه (کارشناس ارشد شیمی فیزیک)	شرکت رویان پژوهان سینا
بابازاده، فرشته (کارشناس ارشد شیمی تجزیه)	کارشناس استاندارد
بیگلری، حسن (کارشناس ارشد شیمی تجزیه)	پژوهشکده شیمی و پتروشیمی پژوهشگاه استاندارد
ردائی، احسان (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	اداره کل استاندارد استان همدان
شیخ علیزاده، کاملیا (کارشناس شیمی)	پالایشگاه نفت پارس
صیافی، سید مهدی (کارشناس شیمی)	شرکت پالایش الموت آبادان
عندلیبی، مریم (کارشناس شیمی)	آزمایشگاه مرجع شیمی تجزیه راک

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ه
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۱
۴ اصول آزمون	۴
۵ وسایل	۵
۶ مواد و/یا واکنشگرها	۷
۷ آماده‌سازی وسایل	۷
۸ روش انجام آزمون	۷
۹ محاسبات و گزارش آزمون	۱۱
۱۰ دقت و اریبی	۱۴
پیوست الف (الزامی) اقدامات احتیاطی	۱۵
پیوست ب (الزامی) اطلاعات به‌دست آمده از آزمون‌های مقایسه‌ای	۱۶

پیش‌گفتار

استاندارد «روغن‌های روان‌کننده- اندازه‌گیری خواص فشارپذیری (EP) - روش چهار گلوله» نخستین بار در سال ۱۳۷۲ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط شرکت رویان پژوهان سینا و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در چهل و پنجمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فرآورده‌های نفتی مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۰ تصویب شد. اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. .بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۱۰ سال ۱۳۷۲ است.

منبع و مأخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D 2783:2009, Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids (Four-Ball Method)

مقدمه

این روش برای تعیین ویژگی‌ها و متمایز نمودن روغن‌های روان‌کننده که داری خواص EP[1] کـم، متوسـط و زیاد است، استفاده می‌شود. کاربر این آزمون باید تعیین کند، نتیجه‌ای که از این آزمون به دست می‌آیـد تـا چه حد با نتایج عملی آن مطابقت دارد.

1- Extreme Pressure

روغن‌های روان‌کننده- اندازه‌گیری خواص فشارپذیری (EP) - روش چهار گلوله

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی نوشته نشده است. در صورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری اقدامات ایمنی و سلامتی مناسب و اجرای آن برعهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش اندازه‌گیری خواص تحمل بار روغن‌های روان‌کننده می‌باشد. دو نوع اندازه‌گیری زیر انجام می‌شود:

الف- شاخص بار – سایش[۱]؛

ب- نقطه جوش خوردن به وسیله دستگاه چهار گلوله برای EP (فشارپذیری).

۱-۲ برای اندازه‌گیری خواص تحمل بار گریس‌های روان‌کننده به استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۷۰ مراجعه کنید.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۷۰، گریس های روان کننده - روش اندازه‌گیری خواص EP (فشار زیاد) (روش چهار گلوله).

2-2 ANSI B 3.12, Metal Balls.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳-۱

خط موازنه[۲]

خط حاصل از نقطه‌یابی بر روی کاغذ لگاریتمی مطابق با شکل ۱، به طوری که یکی از محورها قطر خراش بر حسب میلی‌متر و محور دیگر بارهای اعمال شده بر حسب کیلوگرم نیرو (یا نیوتن) می‌باشند که در شرایط متحرک به دست آمده‌اند.

۱- که سابقا، Mean-Hertz load نامیده شده است.

2- Compensation Line

یادآوری ۱- نقاط تلاقی برای خط موازنه در جدول ۱ ستون‌های ۱ و ۳ نشان داده شده است.

یادآوری ۲- بعضی از روغن‌های روان‌کننده دارای نقطه تلاقی بالاتر از خط موازنه می‌باشند. برای مثال متیل فنیل سیلیکون[۱]، متیل فنیل سیلیکون کلره[۲]، سیلفنیلن[۳]، فنیل اتر[۴] و بعضی از مخلوط روغن‌های نفتی و پارافین‌های کلره را می‌توان نام برد.

۲-۳

قطر خراش موازنه[۵]

میانگین قطر اثر سائیدگی ایجاد شده بر روی گلوله‌های ساکن، بر حسب میلی‌متر، که با اعمال بار توسط گلوله متحرک، در حضور روغن روان‌کننده و قبل از عمل گریپاژ یا جوش خوردن، به دست می‌آید.

یادآوری- اثر سائیدگی به دست آمده باید در محدوده٪۵ مقادیر مذکور در جدول ۱، ستون ۳ باشد.

۳-۳

بار اصلاح شده[۶]

برای هر آزمون، بار بر حسب کیلوگرم نیرو (یا نیوتن) با ضرب کردن بار اعمال شده در نسبت قطر خراش هرتز به قطر خراش اندازه‌گیری شده در آن بار، به دست می‌آید.

۴-۳

خط هرتز[۷]

خط حاصل از نقطه یابی بر روی کاغذ لگاریتمی مطابق شکل ۱، به طوری که یکی از محورها قطر خراش بر حسب میلی‌متر و محور دیگر بارهای اعمال شده بر حسب کیلوگرم نیرو (یا نیوتن) می‌باشند که در شرایط ساکن به دست آمده‌اند.

۵-۳

قطر خراش هرتز[۸]

میانگین قطر فرورفتگی، بر حسب میلی‌متر، که به علت تغییر شکل گلوله‌های تحت بار ساکن (قبل از آزمون) به وجود آمده است و می‌توان آن را از معادله ۱ محاسبه نمود:

$$D_h = 8.73\times10^{-2}(P)^{1/3} \qquad (۱)$$

که در آن:

D_h قطر هرتز ناحیه تماس؛

1- Methyl phenyl silicone
2- Chlorinated methyl phenyl silicone
3- Silphenylene
4- Phenyl ether
5- Compensation scar diameter
6- Corrected load
7- Hertz line
8- Hertz scar diameter

P بار ساکن اعمال شده.

۶-۳

ناحیه گریپاژ آنی[1]

ناحیه‌ای از منحنی بار - خراش که به وسیله عمل گریپاژ یا جوش خوردن یا اثر سایش بزرگ، بلافاصله در شروع آزمون مشخص می‌شود. در این حالت انحراف قلم ثبات دستگاه اندازه‌گیری اصطکاک، بیش از حالت مربوط به اعمال بار به هنگام عدم ایجاد گریپاژ می‌باشد (شکل ۱ را ببینید).

۷-۳

گریپاژ نخستین یا ناحیه شروع گریپاژ[2]

ناحیه‌ای که در آن با بار اعمال شده یک گسیختگی آنی در فیلم روان‌کننده مشاهده شود. گسیختگی با افزایش ناگهانی در قطر خراش اندازه‌گیری شده و یک انحراف آنی قلم ثبات دستگاه اندازه‌گیری اصطکاک، مطابق شکل ۱ می‌باشد.

۸-۳

آخرین بار مربوط به عدم ایجاد گریپاژ[3] (حداکثر بار)

حداکثر باری (آخرین وزنه‌ای) که در آن بار، قطر خراش اندازه‌گیری شده بیش از ٪۵ بالاتر از خط موازنه نباشد. شکل ۱ را ببینید.

۹-۳

شاخص بار - سایش[4] (یا خاصیت تحمل بار یک روغن روان کننده)

توانایی یک روان‌کننده جهت به حداقل رساندن سائیدگی در مقابل بارهای اعمال شده است.

یادآوری- در شرایط این آزمون، بارهای اعمال شده بر حسب کیلوگرم - نیرو (یا نیوتن) می‌باشد که این بارها دارای فواصل تقریبا ۰/۱ واحد لگاریتمی بوده و به سه گلوله ساکن برای ۱۰ آزمون قبل از جوش خوردن اعمال می‌شود. شاخص بار- سایش، میانگین مجموع بارهای تصحیح شده و تعیین شده برای ۱۰ بار اعمال شده بلافاصله قبل از نقطه جوش خوردن می‌باشد.

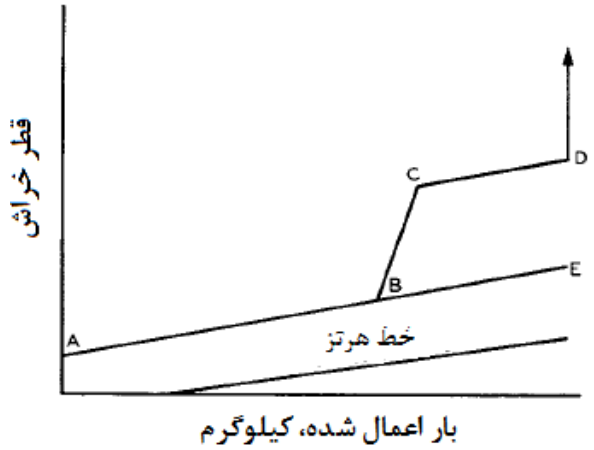
۱۰-۳

نقطه جوش خوردن[5]

تحت شرایط این آزمون، نقطه جوش خوردن، کمترین بار اعمال شده بر حسب کیلوگرم - نیرو است که در آن گلوله چرخان به سه گلوله ساکن جوش می‌خورد (عمل گریپاژ)، این عمل نشانه این است که این بار گریپاژ از قدرت EP روغن تجاوز کرده است.

1- Immediate seizure region
2- Incipient seiziure or initial seizure region
3- Last nonseizure load
4- Load-wear index
5- Weld point

یادآوری- بعضی از روغن‌های روان‌کننده، اجازه نمی‌دهند جوش خوردن واقعی انجام شود و خراشیدگی زیاد سه گلوله ساکن را موجب می‌شوند. در چنین مواردی، بار اعمال شده‌ای که ایجاد خراشی با قطر حداکثر ۴ mm می‌نماید به عنوان نقطه جوش خوردن در نظر گرفته می‌شود.



راهنما:

ABE	خط موازنه
B	نقطه آخرین بار عدم ایجاد گریپاژ
BC	ناحیه شروع گریپاژ
CD	ناحیه گریپاژ آنی
D	نقطه جوش خوردن

شکل ۱- نمودار قطر خراش ایجاد شده بر حسب بار اعمال شده

۴ اصول آزمون

دستگاه به وسیله یک گلوله از جنس فولاد تحت بار که در مقایسه گلوله فولادی ساکن به صورت متصل به هم قرار گرفته‌اند، می‌چرخد. روان‌کننده مورد آزمون، سه گلوله زیرین را می‌پوشاند. سرعت دورانی (۴۰±۱۷۶۰) دور در دقیقه (rpm) می‌باشد. دستگاه روان‌کننده به دمای $^{\circ}C$ ۱۸ تا $^{\circ}C$ ۳۵ می‌رسد و سپس یک سری آزمون‌های ۱۰ ثانیه‌ای با افزایش بار انجام گرفته تا هنگامی‌که عمل جوش خوردن انجام شود. ۱۰ آزمون قبل از عمل جوش خوردن انجام می‌گیرد. چنانچه عمل جوش خوردن قبل از انجام ۱۰ آزمون به وقوع بپیوندد و خراش‌های به وجود آمده پایین‌تر از گریپاژ نسبت به وزنه‌های اعمال شده باشد، در صورتی که اختلافی بیش از ٪۵± از خط موازنه نداشته باشد (AB شکل ۱ را ببینید)، انجام آزمون‌های بیشتر ضرورتی ندارد. کل آزمون‌ها را می‌توان ۱۰ بار فرض کرد، مشروط بر آنکه آخرین وزنه‌هائی که ایجاد گریپاژ نکرده است، ایجاد اثرات سایشی برابر با قطر خراش موازنه نماید. مقادیر این خراش‌های "فرضی" در جدول ۱ ارائه شده است. برای شناخت بهتر آخرین وزنه‌ای که ایجاد گریپاژ نکرده است و"نقطه جوش خوردن" به شکل ۱ مراجعه شود.

جدول۱- فرم پیشنهادی برای ثبت نتایج آزمون

ستون ۱ بار اعمال شده، Kg الف (L)	ستون ۲ میانگین قطر خراش، mm (X)	ستون ۳ قطر خراش موازنه، mm	ستون ۴ فاکتور LD_h	ستون ۵ بار تصحیح شده، Kg (LD_r/x) الف
۶			۰٫۹۵	
۸			۱٫۴۰	
۱۰		۰٫۲۱	۱٫۸۸	
۱۳		۰٫۲۳	۲٫۶۷	
۱۶		۰٫۲۵	۳٫۵۲	
۲۰		۰٫۲۷	۴٫۷۴	
۲۴		۰٫۲۸	۶٫۰۵	
۳۲		۰٫۳۱	۸٫۸۷	
۴۰		۰٫۳۳	۱۱٫۹۶	
۵۰		۰٫۳۶	۱۶٫۱۰	
۶۳		۰٫۳۹	۲۱٫۸۶	
۸۰		۰٫۴۲	۳۰٫۰۸	
۱۰۰		۰٫۴۶	۴۰٫۵	
۱۲۶		۰٫۵۰	۵۵٫۲	
۱۶۰		۰٫۵۴	۷۵٫۸	
۲۰۰		۰٫۵۹	۱۰۲٫۲	
۲۵۰			۱۳۷٫۵	
۳۱۵			۱۸۷٫۱	
۴۰۰			۲۵۸	
۵۰۰			۳۴۷	
۶۲۰			۴۶۲	
۸۰۰			۶۴۹	

الف- برای تبدیل کیلوگرم نیرو به نیوتن مقدار در ۹٫۸۰۶ ضرب می‌شود.

۵ وسایل

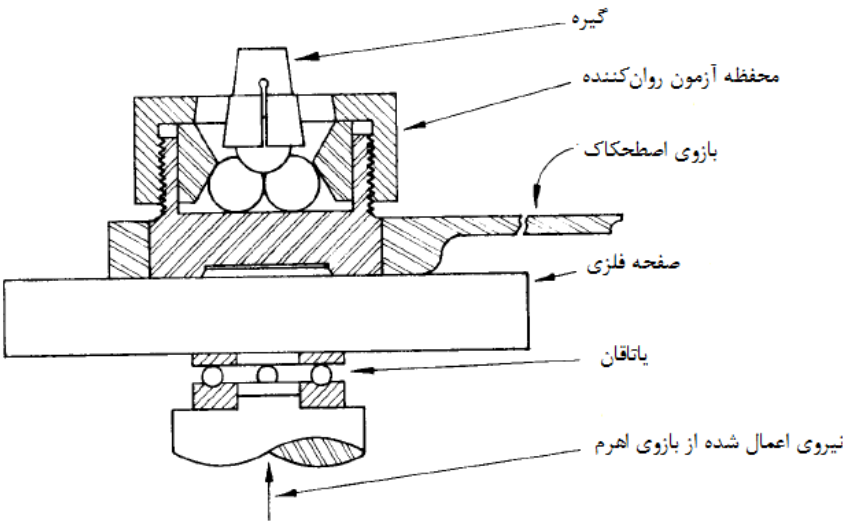
۵-۱ دستگاه چهار گلوله برای EP، شکل ۲ و ۳ را ببینید.

یادآوری- باید توجه داشت که دستگاه چهار گلوله برای EP و دستگاه چهار گلوله سایش از یکدیگر متمایز است. دستگاه چهار گلوله برای EP برای آزمون در شرایط سخت‌تر طراحی شده است و حساسیت آن از دستگاه چهار گلوله سایش کمتر است.

۲-۵ **میکروسکوپ**، مجهز به وسیله اندازه‌گیری کالیبره شده و قادر به خواندن با دقت mm ۰/۰۱.

۳-۵ **زمان‌سنج**، درجه بندی شده تا ۰/۱ ثانیه.

یادآوری- وسایل اختیاری همراه با دستگاه چهار گلوله، دارای یک دستگاه الکتریکی اندازه‌گیری اصطکاک می‌باشد که به قسمت‌های ۱۰ ثانیه‌ای مدرج شده است.



شکل ۲- شمای دستگاه چهار گلوله

شکل ۳- دستگاه آزمون چهارگلوله

۶ مواد و/ یا واکنشگرها

۶-۱ حلال تمیز کننده، به عنوان مثال حلال استودارد[1]، ایمن، بدون تشکیل فیلم، غیر کلره.

هشدار- قابل اشتعال، در صورت تنفس زیان آور است. به پیوست الف-۱ مراجعه کنید.

یادآوری- در گذشته نوع خاصی از نفت تقطیر شده، به عنوان حلال استفاده شده است، اما با توجه به اثرات سمی آن حذف گردیده‌اند. بنابراین توصیه می‌شود هر کاربر حلالی را که الزامات ایمنی را برآورده سازد و به طور کامل قطعات دستگاه آزمون را تمیز کند، انتخاب نماید. حلال استودارد مثالی از حلال‌هایی می‌باشد که می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۲ حلال آبکشی، مطابق بند ۶-۱، اما با فراریت بالا، به عنوان مثال، n- هپتان یکی از حلال‌های مناسب برای آبکشی است.

هشدار- قابل اشتعال، در صورت تنفس زیان آور است. به پیوست الف-۲ مراجعه کنید.

۶-۳ گلوله‌های آزمون، گلوله‌های آزمون باید از جنس فولاد آلیاژی کرومی باشند. این گلوله‌ها از فولاد استاندارد AISI شماره E-52100 با قطر ۱۲٫۷ mm، درجه EP ۲۵ (پوشش زیاد) ساخته می‌شوند. چنین گلوله‌هایی در ANSI B312 برای گلوله‌های فلزی توضیح داده شده است. کیفیت صیقلی بودن در این ویژگی‌ها تشریح نشده است. سختی راکول C [2] باید ۶۴ تا ۶۶ باشد که محدودتر از الزامات ANSI می‌باشد.

۷ آماده‌سازی وسایل

۷-۱ چهار گلوله آزمون جدید و محفظه آزمون روان‌کننده را با سیستم گلوله‌گیر، ابتدا با حلال تمیزکننده (بند ۶-۱) و سپس با حلال آبکشی (بند ۶-۲) کاملا تمیز کنید.

یادآوری- از حلال‌هایی نظیر تتراکلرید کربن یا حلال‌های دیگری که اساسا دارای خواص تحمل بار بوده و ممکن است بر روی نتایج آزمون تاثیرگذار باشد، استفاده نکنید.

۷-۲ با بلند کردن بازوی اهرم، سکوی اعمال بار را پایین آورید. در حالتی که بازوی اهرم را بلند کرده‌اید، آن را به کمک وسیله‌ای که به این منظور وجود دارد قفل کنید.

۸ روش انجام آزمون

۸-۱ سه گلوله آزمون را در محفظه آزمون روان‌کننده قرار دهید. حلقه قفل را با دقت بر روی گلوله‌های آزمون قرار داده و با پیچ و مهره قفل آن را کاملا درجای خود محکم کنید. روغن روان‌کننده مورد آزمون را بر روی گلوله‌های آزمون ریخته تا روی آن‌ها را بپوشاند.

یادآوری- بررسی‌های مستقل بعدی گزارش شده در سال ۱۹۷۱ به‌وسیله آزمایشگاه‌های متعدد نشان می‌دهد که تکرارپذیری آزمون بهینه هنگامی به دست می‌آید که نیروی اعمال شده بر روی پیچ و مهره، گستره‌ای برابر با $\eta.m$ (۶۸±۷) داشته و به

1- Stoddard Solvent
2- Rockwell C hardness

وسیله آچار گشتاور اعمال و اندازه‌گیری شود. در صورتی که نیروی اعمال شده تقریبا N.m ۱۳۶ باشد، نقاط جوش خوردن پائین‌تری به دست می‌آید.

۸-۲ روان‌کننده و محفظه را به دمای $^{\circ}C$ ۱۸ تا $^{\circ}C$ ۳۵ برسانید.

۸-۳ یک گلوله را با فشار، داخل گیره گلوله قرار دهید (به یادآوری مراجعه کنید) و گیره گلوله را داخل نگه‌دارنده خود بگذارید.

یادآوری- گیره گلوله و گلوله بالایی را بعد از هر آزمون به دقت بازرسی کنید. در صورتی که بر روی گلوله نشانه‌هایی حاکی از حرکت در گیره مشاهده شود، حتی اگر عمل جوش خوردن چهار گلوله هم انجام نشود، گیره باید تعویض گردد. هنگامی که دائما عمل جوش خوردن بین گلوله و گیره صورت پذیرد، در صورتی که گیره دارای فلزی است که از گلوله بالایی به آن چسبیده است، فلز باید برداشته شود یا گیره باید تعویض گردد.

۸-۴ مجموعه محفظه آزمون روان‌کننده را بر روی وسایل آزمون نصب کنید، به طوری‌که با گلوله چهارم در تماس باشند، صفحه فلزی مربوطه را بین محفظه و یاتاقان قرار دهید.

۸-۵ سینی وزنه‌ها و مقدار کافی وزنه را بر روی بازوی افقی در شکاف صحیح برای بار پایه آزمون، برابر با ۷۸۴ N (۸۰ kg)، قرار دهید. بازوی اهرم را رها کنید و به آرامی بار آزمون را بر روی گلوله‌ها اعمال کنید (به یادآوری مراجعه کنید). مطمئن شوید صفحه فلز و متعلقات در مرکز قرار گرفته است. در صورتی که وسیله اختیاری اندازه‌گیری اصطکاک به کار برده می‌شود، بازوی کالیبره شده بر روی ظرف روان‌کننده مورد آزمون را به وسیله گیره و سیم به فنر شاخص وصل کنید.

یادآوری- هنگام بارگیری از ایجاد ضربه که احتمالا موجب تغییر شکل دائمی گلوله‌ها می‌شود باید اجتناب کرد.

۸-۶ موتور را روشن کرده و اجازه دهید به مدت (۰٫۲±۱۰) ثانیه کار کند.

یادآوری- مدت زمان بین خاموش کردن دستگاه و توقف کامل آن به حساب نمی‌آید.

۸-۷ مجموعه ظرف روغن مورد آزمون و گیره را بردارید و گلوله بالایی را کنار بگذارید.

۸-۸ قطر خراش سه گلوله مورد آزمون را به صورت زیر اندازه‌گیری کنید:

۸-۸-۱ روش الف، گلوله‌های آزمون را بردارید و آن‌ها را با حلال تمیزکننده (بند ۶-۱) و سپس با حلال آبکشی (بند ۶-۲) تمیز کنید. با یک پارچه نرم خشک کنید. هر یک از گلوله‌ها را به طور مجزا در یک نگه‌دارنده مناسب قرار دهید و به وسیله یک میکروسکوپ قطر خراش‌ها را تا تقریب ۰٫۰۱ mm یک‌بار بصورت موازی (افقی) و یکبار در امتداد قائم نسبت به خراش‌های موجود بر روی سطح خراش سه گلوله آزمون اندازه‌گیری کنید (به یادآوری بند ۸-۸-۳ مراجعه کنید).

۸-۸-۲ روش ب، گیره‌های متصل شده را در ظرف باقی بگذارید و روان‌کننده را از آن خار ج کنید. سطح گلوله‌ها را ابتدا با حلال استودارد (بند ۶-۱) و سپس با حلال شستشو (بند ۶-۲) تمیز کنید. به وسیله یک میکروسکوپ قطر خراش را در یکی از سه گلوله مورد آزمون تا تقریب ۰٫۰۱ mm یک‌بار به صورت موازی

(افقی) و یکبار در امتداد قائم نسبت به خراش‌های موجود بر روی سطح خراش گلوله اندازه‌گیری کنید (به یادآوری بند ۸-۸-۳ مراجعه کنید).

۸-۸-۳ می‌توان به جای قطر خراش یک گلوله، قطر خراش هر سه گلوله را به وسیله میکروسکوپ و مطابق با روش‌های الف و ب اندازه‌گیری کرد.

یادآوری- توصیه می‌شود آزمون‌گر قبل از انتخاب روش الف یا ب با آزمون‌های بصری تشخیص دهد که اختلاف چشمگیری در اثرات سایشی تشکیل شده بر روی گلوله‌های آزمون وجود نداشته باشد، در صورتی‌که اختلاف قابل توجه باشد اندازه‌گیری‌های اثر سایش بر روی هر سه گلوله باید انجام شود.

۸-۹ برای بار ۷۸۴ N (۸۰ kg)، میانگین قطر خراش را به وسیله هر یک از سه روش مذکور در بند ۸-۸ (مطابق جدول۱، ستون ۲) ثبت کنید. میانگین قطر خراش را با قطر خراش موازنه مطابق جدول ۱، ستون ۳ مقایسه کنید.

۸-۱۰ آزمون‌های دیگری را با بارهای بیشتر (جدول ۱، ستون ۱) انجام دهید. قطرهای خراش اندازه‌گیری را ثبت کنید (به یادآوری ۱ مراجعه کنید) و گلوله‌های آزمون را کنار بگذارید تا هنگامی‌که عمل جوش خوردن انجام شود (به یادآوری ۲ مراجعه کنید). در این حالت، یک آزمون کنترل را انجام دهید. چنانچه عمل جوش خوردن در این لحظه انجام نشود، آزمون را با بارهای بیشتری تکرار کنید تا عمل جوش خوردن تایید گردد.

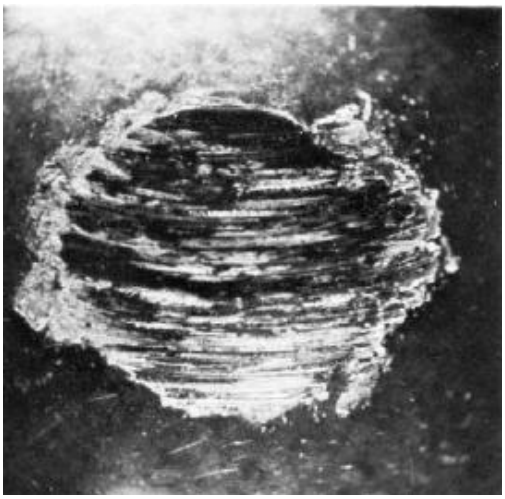
یادآوری ۱- در برخی مواقع اندازه‌گیری قطر(های) خراش گلوله‌های آزمون در ناحیه گریپاژ آنی و گریپاژ نخستین مشکل است، زیرا کل ناحیه تماس تشکیل شده به وسیله گلوله چرخشی، در اثر جریان فلز از بین می‌رود. در چنین مواردی می‌توان فلز ذوب شده را با وسیله‌ای مناسب کنده یا بردارید (شکل ۴ و ۵ را ببینید). در صورتی که تشخیص اطراف خراش مشکل باشد، بررسی قطر خراش را با مقایسه شکل‌های ۶ و ۷ انجام دهید.

یادآوری ۲- جهت جلوگیری از خراب شدن دستگاه بلافاصله موتور را خاموش کنید، زیرا ممکن است منجر به سایش یا گریپاژ بیش از حد بین گلوله و گیره گلوله شود. ممکن است در اثر تمام یا هر یک از حالات زیر عمل جوش خوردن شناسایی شود: (۱) در صورتی که وسیله اندازه‌گیری اصطکاک مورد استفاده قرار می‌گیرد، در اثر یک حرکت سریع قلم ثبات؛ (۲) افزایش صدای موتور؛ (۳) برخاستن دود از ظرف آزمون روغن؛ (۴) افتادن ناگهانی بازوی اهرم.

۸-۱۱ در صورتی که قطر خراش اندازه‌گیری شده برای بار ۷۸۴ N (۸۰ kg) بیش از ٪۵ قطر خراش موازنه باشد، آزمون بعدی با بار کمتر (مطابق جدول ۱، ستون ۱) انجام می‌شود. این روش را تا هنگامی‌که بار اعمال شده ایجاد گریپاژ نکند، ادامه دهید.

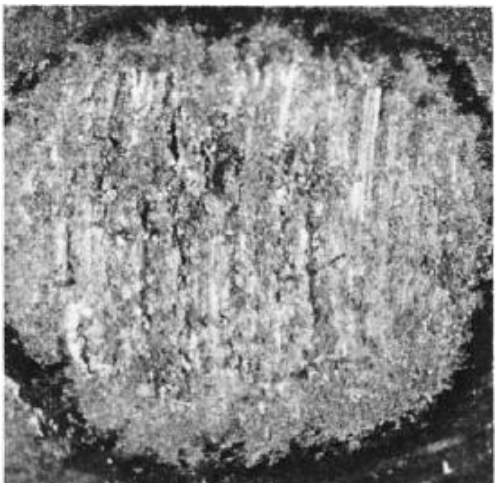
یادآوری- هنگامی‌که وسیله اصطکاک به صورت اختیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، آخرین باری که ایجاد گریپاژ نکند به وسیله یک حرکت مورب تدریجی قلم ثبات آشکار می‌شود.

۸-۱۲ هنگامی‌که خراش‌های سایشی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های متوالی، بیش از ٪۵ بالاتر از خط موازنه باشد، این روش را ادامه دهید تا کل ۱۰ نتیجه آزمون کمتر از نقطه جوش خوردن ثبت شود.



شکل ۴- نمونه خراش‌های گلوله مورد آزمون قبل از برداشتن

شکل ۵- نمونه خراش‌های گلوله مورد آزمون بعد از برداشتن



شکل ۶- نمونه خراش‌های گلوله مورد آزمون بعد از برداشتن

شکل ۷- نمونه خراش‌های گلوله مورد آزمون بعد از برداشتن

۹ محاسبات و گزارش آزمون

۹-۱ بار تصحیح شده، برای هر بار اعمال شده بین آخرین باری که ایجاد گریپاژ نکند و نقطه جوش خوردن، با استفاده از معادله ۲، بار تصحیح شده را محاسبه و گزارش (جدول ۱، ستون ۵) کنید.

$$\text{بار تصحیح شده(kgf)} = LD_h / X \qquad (۲)$$

که در آن:

L بار اعمال شده، بر حسب کیلوگرم نیرو، که عبارتست از کل بار اعمال شده (مجموع کفه و بارها) ضربدر ضریب بازوی اهرم؛

D_h قطر خراش هرتز برحسب میلی‌متر؛

X میانگین قطر خراش بر حسب میلی‌متر.

۹-۲ شاخص "سایش- بار"، شاخص سایش- بار را بر حسب کیلوگرم نیرو با استفاده از معادله ۳ محاسبه و گزارش کنید.

$$\text{شاخص سایش- بار (kgf)} = \frac{A}{10} \qquad (۳)$$

که در آن:

A مجموع بار تصحیح شده برای ۱۰ بار اعمال شده متوالی قبل از نقطه جوش خوردن (به یادآوری مراجعه کنید).

یادآوری- در صورتی که آزمون‌های انجام شده بر روی روان‌کننده نشان دهد که آزمون تابع خط موازنه است، در اینصورت A به شرح زیر بیان می‌شود:

A، مجموع بار تصحیح شده بعلاوه بار تصحیح شده خط موازنه برای ۱۰ بار اعمال شده متوالی قبل از نقطه جوش خوردن. برای سهولت عمل، جدول ۲ جهت بار تصحیح شده خط موازنه برای هر قسمت از خط موازنه تنظیم شده است. این مقدار با توجه به نقطه تقاطع آخرین باری که ایجاد گریپاژ نمی‌کند و وزنه‌هائی که جوش خوردن ایجاد می‌کنند، به دست می‌آید. برای مثال، آخرین وزنه‌ای که برای یک روان‌کننده ایجاد گریپاژ نمی‌کند، ۴۹۰ N (۵۰ کیلوگرم نیرو) می‌باشد. آزمون‌های بعدی مربوط به گریپاژ بر روی منحنی با بارهای ۶۱۸ N، ۷۸۴ N، ۹۸۱ N، ۱۲۳۶ N، ۱۵۶۹ N (۶۳، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۶ و ۱۶۰ کیلوگرم نیرو) انجام شده است و نقطه جوش خوردن با بار ۱۹۶۱ N نیوتون (۲۰۰ کیلوگرم نیرو) می‌باشد. جدول شماره ۲ در تقاطع ۴۹۰ N و ۱۹۶۱ N (۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیرو) دارای مقدار ۱۴۵۶ N (۱۴۸٫۶ کیلوگرم نیرو) می‌باشد. این مقدار، بار تصحیح شده خط موازنه است که به وسیله بارهای تصحیح شده ۴۹۰ N، ۳۹۲ N، ۳۱۴ N، ۲۳۵N، ۱۹۶ N (۵۰ ، ۴۰، ۳۲، ۲۴، ۲۰ کیلوگرم نیرو) با استفاده از قطر خراش موازنه به دست می‌آید و بدین ترتیب با انجام ۱۱ آزمون، شاخص بار- سایش بنا بر تعریف آن حاصل می‌شود که در یازدهمین نوبت موجب جوش خوردن گلوله‌ها می‌گردد. چنانچه در آزمون‌های انجام شده برای روان‌کننده، آثار سایش مشاهده شده از خط موازنه پیروی نکرد، بنابراین جدول ۲ به کار گرفته نمی‌شود و اندازه‌گیری واقعی باید برای ۱۰ وزنه متوالی قبل از نقطه جوش خوردن انجام می‌گیرد.

۹-۳ نقطه جوش خوردن، نقطه جوش خوردن بررسی شده را که مطابق بند ۸-۱۰ به دست آمده است گزارش کنید.

جدول۲- مجموع بارهای تصحیح شده خط موازنه

آخرین باری که ایجاد گریپاژ نمی‌کند، Kgf [الف]	بار ایجاد شده جوش خوردن، Kgf [الف]									
	۸۰۰	۶۲۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۱۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۶	۱۰۰	۸۰
۲۰۰	۵۸۳	۶۳۹	۶۸۴	۷۲۰	۷۴۹	۷۷۰					
۱۶۰	۴۱۰	۴۶۶	۵۱۱	۵۴۷	۵۷۶	۵۹۷	۶۱۵				
۱۲۶	۲۶۹٫۸	۳۲۵٫۸	۳۷۰٫۵	۴۰۷	۴۳۵	۴۵۷	۴۷۴	۴۸۹			
۱۰۰	۱۵۹٫۷	۲۱۵٫۷	۲۶۰٫۵	۲۹۶٫۷	۳۲۵٫۳	۳۴۶٫۹	۳۶۴٫۴	۳۷۸	۳۹۰		
۸۰	۷۱٫۶	۱۲۷٫۷	۱۷۲٫۴	۲۰۸٫۶	۲۳۷٫۲	۲۵۸٫۲	۲۷۶٫۳	۲۹۰	۳۰۲	۳۱۱٫۰	
۶۳		۵۶٫۱	۱۰۰٫۸	۱۳۷٫۰	۱۶۵٫۶	۱۸۷٫۱	۲۰۴٫۷	۲۱۸٫۸	۲۳۰٫۴	۲۳۹٫۳	۲۴۶٫۷
۵۰			۴۴٫۷	۸۰٫۹	۱۰۹٫۵	۱۳۱٫۰	۱۴۸٫۶	۱۲۶٫۷	۱۷۴٫۳	۱۸۳٫۲	۱۹۰٫۶
۴۰				۳۶٫۲	۶۴٫۸	۸۶٫۴	۱۰۳٫۹	۱۱۸٫۰	۱۲۹٫۶	۱۳۸٫۶	۱۴۵٫۹
۳۲					۲۸٫۶	۵۰٫۲	۶۷٫۷	۸۱٫۸	۹۳٫۴	۱۰۲٫۴	۱۰۹٫۷
۲۴						۲۱٫۶	۳۹٫۱	۵۳٫۲	۶۴٫۸	۷۳٫۸	۸۱٫۱
۲۰							۱۷٫۶	۳۱٫۶	۴۳٫۲	۵۲٫۲	۵۹٫۲
۱۶								۱۴٫۱	۲۵٫۷	۳۴٫۶	۴۲٫۰
۱۳									۱۱٫۶	۲۰٫۶	۲۷٫۹
۱۰										۹٫۰	۱۶٫۳
۸											۷٫۴

الف- برای تبدیل کیلوگرم نیرو به نیوتن مقدار در ۹٫۸۰۶ ضرب می‌شود.

۱۰ دقت و اریبی[1]

۱-۱۰ معیار زیر جهت قضاوت پذیرش نتایج (با ٪۹۵ اطمینان) برای روغن‌های روان‌کننده‌ای که خط موازنه را دنبال می‌کنند و دارای نقاط جوش ۴۰۰ kg یا کمتر می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱۰ شاخص سایش- بار

۱-۱-۱-۱۰ تکرارپذیری، اختلاف نتایج آزمون متوالی به دست آمده به وسیله یک آزمایشگر با به‌کارگیری وسایل آزمون یکسان، تحت شرایط عملکردی ثابت با مواد آزمون یکسان، در دراز مدت و با روش آزمون صحیح و متداول، در هر ۲۰ مورد فقط یک مورد می‌تواند بیش از ٪۱۷ مقدار میانگین باشد.

۱-۱-۱-۲ تجدیدپذیری، اختلاف بین دو نتیجه آزمون مستقل و منفرد به دست آمده به وسیله آزمایشگران مختلف در دو آزمایشگاه با مواد آزمون یکسان، در دراز مدت و با روش صحیح و متداول، در هر ۲۰ مورد فقط یک مورد می‌تواند بیش از ٪۴۴ مقدار میانگین باشد.

۲-۱-۱۰ نقطه جوش خوردن

۱-۱-۲-۱۰ تکرارپذیری، اختلاف بین نتایج آزمون متوالی به دست آمده از یک آزمایشگاه به وسیله یک آزمایشگر با وسایل آزمون یکسان، تحت شرایط عملکردی ثابت با مواد آزمون یکسان، در دراز مدت با روش آزمون صحیح و متداول، در هر ۲۰ مورد فقط یک مورد می‌تواند بیش از یک نوبت افزایش بار باشد.

۱-۱-۲-۲ تجدیدپذیری، اختلاف دو نتیجه آزمون مستقل و منفرد به دست آمده در هر آزمایشگاه به وسیله آزمایشگران مختلف در دراز مدت با مواد آزمون یکسان و با روش آزمون صحیح و متداول، در هر ۲۰ مورد فقط یک مورد می‌تواند بیش از یک نوبت افزایش بار باشد.

یادآوری- یک آزمون گردشی با ۵ مشارکت‌کننده نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ٪۹۵ مقادیر شاخص بار – سایش و نقطه جوش، مشابه با ۵ روان‌کننده در ۱۷۷۰ rpm (دو آزمایشگاه) و در ۱۴۴۰ rpm (سه آزمایشگاه) به دست می‌آید. خواص فیزیکی و ترکیب روغن‌های روان‌کننده مورد استفاده و داده‌های نمونه به دست آمده با این آزمون گردشی در پیوست ب ارائه شده است.

۲-۱۰ برای روان‌کننده‌هایی با نقطه جوش بزرگتر از ۴۰۰ kg یا بالاتر از خط موازنه، یا هر دو، دقت درنظر گرفته نمی‌شود.

۳-۱۰ اریبی، به دلیل آنکه هیچ ماده مرجع مناسبی برای تعیین اریبی روش آزمون مذکور در این استاندارد، موجود نمی‌باشد، اریبی را نمی‌توان اندازه‌گیری نمود.

1- Bias

پیوست الف
(الزامی)
اقدامات احتیاطی

الف-۱ حلال استودارد

الف-۱-۱ از گرما، جرقه و شعله باز دور نگه‌داشته شود.

الف-۱-۲ در ظروف دربسته نگه‌داری شود.

الف-۱-۳ هنگام کار از تهویه مناسب استفاده شود.

الف-۱-۴ از تنفس بخار یا غبار آن خودداری شود.

الف-۱-۵ از تماس طولانی و تکرار تماس با پوست خودداری شود.

الف-۲ هپتان

الف-۲-۱ قابل اشتعال، در صورت تنفس زیان آور است.

الف-۲-۲ از گرما، جرقه و شعله باز دور نگه‌داشته شود.

الف-۲-۳ در ظروف دربسته نگه‌داری شود.

الف-۲-۴ هنگام کار از تهویه مناسب استفاده شود.

الف-۲-۵ از انباشته شدن بخار اجتناب گردد و از تماس عوامل ایجاد کننده اشتعال دور نگه‌داشته شود و به هنگام کار از دستگاه‌های الکتریکی ضد حریق استفاده شود.

الف-۲-۶ از تنفس طولانی بخار یا غبار آن اجتناب گردد.

الف-۲-۷ از تماس طولانی و تکرار تماس با پوست خودداری شود.

پیوست ب

(الزامی)

اطلاعات به‌دست آمده از آزمون‌های مقایسه‌ای

جدول ب۱- مشخصات روغن‌های روان‌کننده مورد استفاده در آزمون‌های مقایسه‌ای

Sample	L-XI-1-2-A	L-XI-1-2-B	L-XI-1-2-C	L-XI-1-2-D	L-XI-1-2-E	L-XI-1-2-F
Gravity, deg API	25.8	27.5	26.2	...	24.3	30.4
Viscosity at 100°F SUS	1399.4	1392.4	950	1835	359	162.4
Viscosity at 210°F SUS	100.4	99.3	86.0	101	54.5	44.0
Viscosity index	86	85	95.5	58	89	100

جدول ب۲- مخلوط‌های (درصد وزنی) روغن‌های روان‌کننده مورد استفاده در آزمون‌های مقایسه‌ای

Sample	L-XI-1-2-A	L-XI-1-2-B	L-XI-1-2-C	L-XI-1-2-D	L-XI-1-2-E	L-XI-1-2-F
Lubricating oil	100	99.5 L-XI-1-2A	SAE 90 96 SEMC[A] 90 VI[B]	10 mineral seal	80 400 SUS at 100°F 90 VI[B]	96 USP white-oil, heavy
Additive	none	0.5 antimony dialkyl dithiocarbamate (active)	4 antimony dialkyl phosphorodithioate (active)	90 chlorinated paraffin (40 %)	20 zinc-dialkyl-dithiophosphate	4 ditertbutyldisulfide (Eastman P-5683)

[A] SEMC = solvent extracted midcontinent.
[B] VI = viscosity index.

جدول ب۳- اطلاعات به‌دست آمده با روش آزمون استاندارد برای خواص فشارپذیری روغن‌های روان‌کننده (به روش چهار گلوله)

Laboratory	Load Wear Index, kgf			Weld Point, kgf		
	1	3	4	1	3	4
			Sample L-XI-1-2-A			
Run 1	13.47	20.3	16.41	100	126	100
Run 2	16.43	20.3	16.37	100	100	100
Run 3	11.09	20.3	...	100	100	
Average	13.66	20.3	16.39			
			Sample L-XI-1-2-B			
Run 1	27.84	28.5	23.39	160	160	160
Run 2	23.59	28.0	23.41	160	160	160
Run 3	27.72	29.0	...	160	160	
Average	26.38	28.5	23.4			
			Sample L-XI-1-2-C			
Run 1	68.45	71.8	76.69	620	500	500
Run 2	76.39	66.9	76.25	500	500	500
Run 3	78.76	69.2	...	500	500	...
Average	74.58	69.3	76.46			

جدول ب۴- داده‌های دقت برای شاخص بار - سایش

Sample	L-XI-1-2-A	L-XI-1-2-B	L-XI-1-2-C	L-XI-1-2-D[A]	L-XI-1-2-E	L-XI-1-2-F
Number of cooperators	11	11	11	8	8	10
Grand average, LWI, kg	16.08	26.87	71.23	76.8	53.7	51.25
Number of runs	30	30	30	19	23	29
Repeatability, kg	1.93	1.26	5.02	3.14	3.04	3.34
Reproducibility, kg	7.25	6.68	11.95	18.55	27.1	20.2

[A] Wear scar values above compensation line.

جدول ب۵- نتایج آزمون آزمایشگاهی برای نقطه جوش خوردن

Sample L-XI-1-2-A													
Laboratory	1	2	3	4	5[A]	6	7	8	9	10	11A	11B	12
Run 1 Weld Point, kg	100	...	126	100	126	100	126	100	126	126	126	126	100
Run 2 Weld Point, kg	100	...	100	100	126	100	126	100	100	...	126	126	100
Run 3 Weld Point, kg	100	...	100	...	126	100	126	100	100	...	126	126	100
Sample L-XI-1-2-B													
Laboratory	1	2	3	4	5[A]	6	7	8	9	10	11A	11B	12
Run 1 Weld Point, kg	160	...	160	160	200	160	200	160	160	160	160	200	160
Run 2 Weld Point, kg	160	...	160	160	200	160	200	160	160	...	160	200	160
Run 3 Weld Point, kg	160	...	160	...	200	160	200	160	160	...	160	200	160
Sample L-XI-1-2-C													
Laboratory	1	2	3	4	5[A]	6	7	8	9	10	11A	11B	12
Run 1 Weld Point, kg	620	...	500	500	620	500	620	500	500	500	500	500	500
Run 2 Weld Point, kg	500	...	500	500	620	500	620	500	500	...	500	500	500
Run 3 Weld Point, kg	500	...	500	...	620	500	800	500	500	...	500	500	500
Sample L-XI-1-2-D													
Laboratory	1	2	3	4	5[A]	6	7	8	9	10	11A	11B	12
Run 1	500	...	...	400	800	400	...	500	500	500	500	500	...
Run 2	500	...	...	400	800	400	...	400	500	500	...	...	...
Run 3	500	...	...	...	800	400	...	500	500	500	...	...	...
Sample L-XI-1-2-E													
Laboratory	1	2	3	4	5[A]	6	7	8	9	10	11A	11B	12
Run 1	...	...	...	250	315	...	315	250	250	250	250	250	250
Run 2	...	...	...	200	315	...	315	250	200	250	250	250	250
Run 3	...	...	...	...	315	...	315	250	250	250	250	250	250
Sample L-XI-1-2-F													
Laboratory	1	2	3	4	5[A]	6	7	8	9	10	11A	11B	12
Run 1	315	...	...	315	315	250	315	250	250	315	315	315	400
Run 2	315	...	...	250	315	250	400	315	250	315	315	315	315
Run 3	315	...	...	...	315	250	400	315	315	315	315	315	315

[A] Four-ball EP tester run at 1500 rpm.