



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۸۰۵۹

تجدیدنظر اول

۱۳۹۳

INSO

8059

1st. Revision

2015

کالیبراسیون پایه‌ای ویسکومترهای
مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته
استاندارد – آیین کار

Basic Calibration of Master Viscometers
and Viscosity Oil Standards-
Standard Practice

ICS:17.060

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، 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 پیشنهادات در کمیته 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 می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت 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 شماره ۵ تدوین و در کمیته 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)^۱ کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

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 سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. 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

«کالیبراسیون پایه‌ای ویسکومترهای مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد - آیین کار»

رئیس:

ردائی، احسان
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

دبیر:

صنعتگر دلشاد، الهام
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

افتخاری دافچاهی، سمیه
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

اوحدی، افشین
(کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)

بیگلری، حسن
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

خانلرزاده، خاطره
(دکتری شیمی فیزیک)

عندلیبی، مریم
(کارشناسی شیمی)

فرهادی، ذکریا
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

نجفی، امیر
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

هاشمی، محمد
(کارشناسی ارشد فیزیک)

هاشمی، مهدی
(دکتری شیمی تجزیه)

سمت و / یا نمایندگی

اداره کل استاندارد استان همدان

شرکت رویان پژوهان سینا

شرکت رویان پژوهان سینا

کارشناس ارشد مرکز اندازه‌شناسی - سازمان ملی
استاندارد ایران

پژوهشگاه استاندارد

آزمایشگاه مرجع شیمی تجزیه راک

آزمایشگاه مرجع شیمی تجزیه راک

شرکت فراپل جم

دانشگاه جامع علمی کاربردی همدان

اداره کل استاندارد استان همدان

دانشگاه بوعلی سینا همدان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ اصول آزمون
۴	۵ وسایل
۸	۶ مواد و/یا واکنشگرها
۹	۷ کالیبراسیون ویسکومترهای مرجع با آب در دمای 20°C
۱۱	۸ کالیبراسیون روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد در دمای 40°C
۱۱	۹ تصحیحات و محاسبه ویسکوزیته سینماتیک در دمای 40°C
۱۵	۱۰ کالیبراسیون ویسکومترهای مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد دیگر در دمای 40°C
۱۶	۱۱ کالیبراسیون روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد در دیگر دماها

پیش‌گفتار

استاندارد «کالیبراسیون پایه‌ای ویسکومترهای مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد - آیین کار» نخستین بار در سال ۱۳۸۴ 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 دویست و چهل و دومین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۲ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده 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 زمینه 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 ۸۰۵۹ سال ۱۳۸۴ است.

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

ASTM D2162: 2014, Standard Practice for Basic Calibration of Master Viscometers and Viscosity Oil Standards

کالیبراسیون پایه‌ای ویسکومترهای مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد – آیین کار

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 بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش کالیبراسیون ویسکومترهای مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد می‌باشد. ویسکومترهای مرجع و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد جهت کالیبراسیون ویسکومترهای معمول^۱ مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۰ و استاندارد ASTM D446 در گستره دمائی °C ۱۵ تا °C ۱۰۰ استفاده می‌شوند.

۱-۲ به علت وجود تفاوت در کشش سطحی یا ویسکوزیته سینماتیک و یا هر دوی آن‌ها، بین استاندارد اولیه (بند ۶-۴) و ویسکوزیته سینماتیک استاندارد (بند ۶-۵)، روش‌های ویژه‌ای با استفاده از ویسکومترهای مرجع مورد نیاز می‌باشد تا بتوان از ویسکوزیته سینماتیک استاندارد اولیه به ویسکوزیته‌های سینماتیک روغن‌های استاندارد رسید. با استفاده از ویسکومترهای مرجع کالیبره شده و روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد مطابق با این استاندارد، کاربر می‌تواند ویسکومترهای سینماتیک را مطابق با استاندارد ASTM D446 کالیبره نماید.

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:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۰، فرآورده های نفتی - روش آزمون گرانروی کینماتیک مایعات شفاف و تیره (محاسبه گرانروی دینامیک)

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸، آب مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

- 2-3 ASTM D446, Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscometers
- 2-4 ASTM D1250, Guide for Use of the Petroleum Measurement Tables
- 2-5 ASTM D1480, Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of Viscous Materials by Bingham Pycnometer
- 2-6 ASTM D1590, Test Method for Surface Tension of Water
- 2-7 ASTM E1, Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers
- 2-8 ASTM E563, Practice for Preparation and Use of an Ice-Point Bath as a Reference Temperature
- 2-9 ASTM E644, Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers
- 2-10 ASTM E1137, Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers
- 2-11 ASTM E1750, Guide for Use of Water Triple Point Cells
- 2-12 ASTM E2593, Guide for Accuracy Verification of Industrial Platinum Resistance Thermometers
- 2-13 ASTM E2877, Guide for Digital Contact Thermometers
- 2-14 ISO 3666, Viscosity of Water

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

دماسنج‌های تماسی دیجیتالی (DCT)^۱

یک وسیله الکترونیکی شامل حسگر اندازه‌گیری کننده دما در تماس با ماده می‌باشد که یک خروجی نمایشگر دیجیتالی، مقدار اندازه‌گیری شده را نمایان می‌سازد.

یادآوری ۱- این وسیله شامل حسگر دمایی متصل شده به دستگاه اندازه‌گیری‌کننده می‌باشد. این دستگاه دما را بسته به مقدار حسگر اندازه‌گیری می‌کند. دما از کمیت اندازه‌گیری شده تخمین زده می‌شود و یک خروجی دیجیتالی را نمایان می‌سازد. خروجی دیجیتالی به یک نمایشگر دیجیتالی و یک وسیله ثبت‌کننده که ممکن است خارج یا داخل وسیله باشد، ارتباط دارد. این وسایل اغلب به عنوان دماسنج‌های دیجیتالی نامیده می‌شوند.

یادآوری ۲- دماسنج‌های الکترونیکی قابل حمل (PET)^۲ گاهی به عنوان زیرمجموعه‌ای از دماسنج‌های تماسی دیجیتالی تعریف شده در این استاندارد تلقی می‌گردند.

۲-۳

کالیبراسیون پایه‌ای^۳

کالیبراسیون مبتنی بر آب به عنوان استاندارد اولیه می‌باشد.

1- Digital contact thermometer
2- Portable Electronic Termometers
3- Basic calibration

یادآوری- آب خالص در دمای 20°C ، ویسکوزیته سینماتیکی^۱ معادل $1/0.34 \text{ mm}^2/\text{s}$ دارد. به استاندارد ISO 3666 مراجعه شود.

۳-۳

ویسکومتر مرجع

ویسکومتر شیشه‌ای موئین با ارتفاع ستون مایع^۲ حداقل 400 mm می‌باشد.

یادآوری- ویسکومتر مرجع به نحوی طراحی شده است تا خطاهای ناشی از کشش سطحی، انرژی جنبشی و اثرات انتهایی موئینگی به حداقل برسد.

۴-۳

روغن ویسکوزیته استاندارد

مایع پایدار نیوتنی که ویسکوزیته سینماتیک آن بر اساس ویسکوزیته سینماتیک آب، مطابق روش مذکور در این استاندارد، بیان می‌شود.

۴ اصول آزمون

۴-۱ دو یا چند ویسکومتر مرجع که ثابت‌های کالیبراسیونی بین $0.001 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ تا $0.003 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ دارند، با آب در دمای 20°C کالیبره می‌شوند. ویسکوزیته سینماتیک دو یا چند روغن با ویسکوزیته استاندارد در دمای 40°C با این ویسکومترها اندازه‌گیری می‌شود. تصحیحات برای اثر شناوری و در صورت لزوم برای دما و کشش سطحی اعمال می‌شود.

۴-۲ سپس ویسکومتر مرجع سوم با ثابت کالیبراسیونی بین $0.003 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ تا $0.009 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ در دمای 40°C با این دو روغن استاندارد کالیبره می‌شود و فاکتور کالیبراسیون آن برای شرایط استاندارد آب 20°C محاسبه می‌شود. به روشی مشابه، روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد و ویسکومترهای مرجع دیگر در 40°C با استفاده از میانگین نتایج حداقل دو ویسکومتر مرجع یا دو روغن استاندارد کالیبره می‌شوند. بدین ترتیب که در هر بار ثابت‌های کالیبراسیون ویسکومترها یا ویسکوزیته روغن‌های مورد کالیبراسیون به وسیله فاکتوری از ۳ یا کمتر افزایش می‌یابد تا اینکه محدوده ویسکوزیته موردنظر پوشش داده شود.

۴-۳ روغن‌ها در دماهای دیگر با استفاده از میانگین نتایج حداقل دو ویسکومتر مرجع کالیبره می‌شوند.

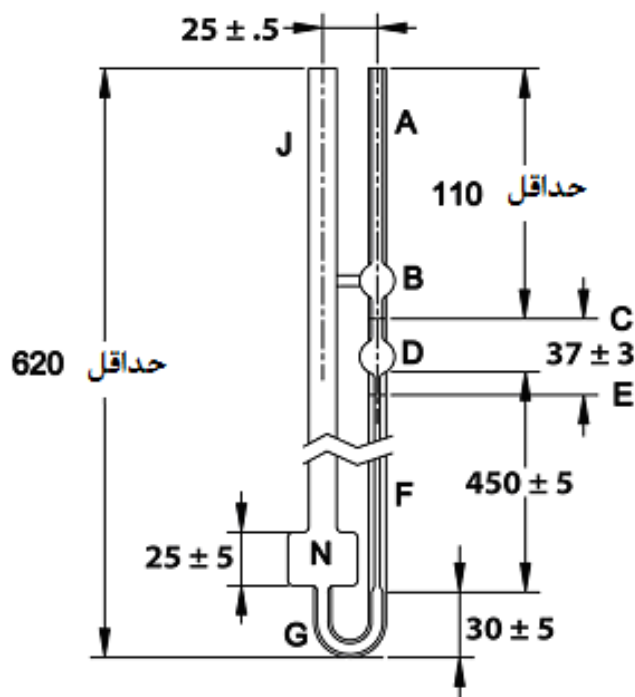
1- Kinematic viscosity

2- Liquid driving head

۵ وسایل

۵-۱ ویسکومترهای مرجع، از انواع ویسکومترهای قابل قبول کانن^۱ یا آبلود^۲ نشان داده شده در شکل ۱ و شکل ۲ و دو مرجع با ثابت کالیبراسیون بین $0.001 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ تا $0.003 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ مورد نیاز می باشد. ثابت کالیبراسیون مرجع های دیگر با فاکتورهایی از ۳ افزایش می یابد.

ابعاد بر حسب میلی متر

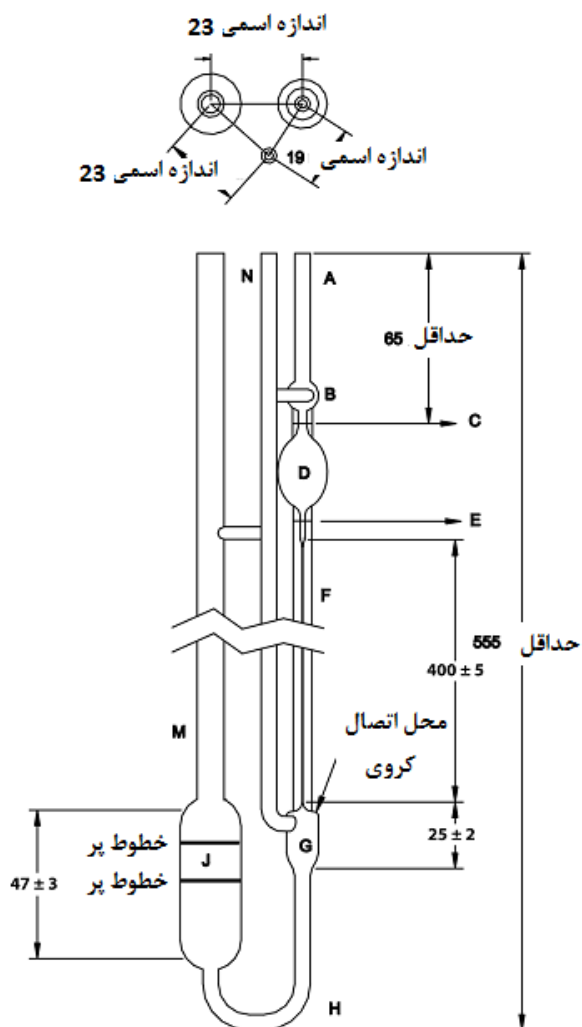


راهنما:

- A = قطر خارجی ۷ تا ۸
- B = ۳ ml تا ۳.۳ ml + حجم F
- C و E = خطوط نشانه
- D = ۳ ml تا ۳.۳ ml
- F = ظرفیت کاری
- G = قطر خارجی ۸ تا ۹
- J = قطر خارجی ۱۲ تا ۱۳
- N = قطر داخلی 30 ± 1

شکل ۱- ویسکومتر مرجع کانن

- 1-Cannon
- 2-Ubbelohde



راهنما:

A = قطر خارجی ۶ تا ۷ و دیوار ۱ تا ۱٫۲۵

B = قطر خارجی ۱۲

C و E = خطوط نشانه

D = $(۰٫۱ \pm ۰٫۵)$ ml و قطر خارجی ۲۳

F = ظرفیت کاری

G = قطر خارجی ۱۷ تا ۱۹

H = قطر خارجی ۹ تا ۱۰ و دیوار ۱٫۲۵ تا ۲

J = قطر خارجی ۲۳ تا ۲۵

M = قطر خارجی ۱۲ تا ۱۳ و دیوار ۱ تا ۱٫۲۵

N = قطر خارجی ۶ تا ۷ و دیوار ۱ تا ۱٫۲۵

شکل ۲- ویسکومتر مرجع آبلود

۵-۲ دماسنج‌ها، از دماسنج تماسی دیجیتالی (DCT) یا دماسنج مایع در شیشه مطابق با الزامات بند ۵-۲-۱ یا بند ۵-۲-۱-۱ استفاده کنید.

۵-۲-۱ دماسنج تماسی دیجیتال، وسیله‌ای مطابق با الزامات استاندارد ASTM E2877، کلاس A می‌باشد که الزامات زیر را برآورده سازد:

الف- تنها حسگرهایی قابل قبول می‌باشند که دارای وسایل مقاومت دمایی (RTD)^۱ یا ترمیستورهایی با دقت بالا باشند. با این حال یک دماسنج مقاومتی پلاتینی استاندارد (SPRT)^۲ مورد ترجیح است.

ب- دستگاه مطابق با الزامات کلاس A در استاندارد ASTM E2877 با حداقل تفکیک نمایش 0.001°C باشد.

پ- ترکیب (صفحه نمایش و پروب^۳ یا میل مدرج) با درستی $(0.007^{\circ}\text{C}) \pm 7\text{ mK}$ در سطح اطمینان ۹۵٪ در محدوده در نظر گرفته شده، استفاده شود.

ت- یک زمان پاسخ کمتر از ۲۵ ثانیه، مطابق با ویژگی‌های استاندارد ASTM E1137 را برآورده سازد.

ث- خطی بودن کمتر از $(0.007^{\circ}\text{C}) \pm 7\text{ mK}$ در گستره دماهای مورد اندازه‌گیری.

ج- حسگر دمایی و اجزای پل اندازه‌گیری DCT باید دارای گزارش کالیبراسیون دمایی از یک آزمایشگاه کالیبراسیون دارای صلاحیت در دمای کالیبراسیون باشد.

چ- گزارش کالیبراسیون باید شامل داده‌هایی برای مجموعه‌هایی از نقاط آزمون، متناسب با گستره موردانتظار باشد.

ح- اگر واحد نمایش DCT (دستگاه اندازه‌گیری کننده از قبیل یک پل) به صورت مجزا از پروب کالیبره می‌شود، واحد نمایش DCT باید به صورت سالیانه کالیبره شود.

۵-۲-۱-۱ پروب DCT باید تا بیشتر کمینه عمق غوطه‌وری در یک حمام با دمای ثابت به نحوی غوطه‌ور شود که مرکز ناحیه سنجش پروب در همان سطح نیمه پایینی لوله موئین کاری باشد، مشروط بر آن‌که کمینه عمق غوطه‌وری پروب‌ها را برآورده سازد. انتهای غلاف پروب نباید از ته مخزن پایین ویسکومتر، بیشتر باشد.

یادآوری- با توجه عمق فروبری پروب DCT، روشی مطابق با استاندارد ASTM E664، برای تعیین کردن کمینه عمق، ارائه شده است. هم چنین برای آماده‌سازی حمام یخ، راهنمایی در استاندارد ASTM E563 ارائه شده است. با این حال، تغییرات از مراحل مشخص مجاز می‌باشد، مشروط بر آن‌که آماده‌سازی با تغییرات ایجاد شده در کالیبراسیون سازگار باشد.

۵-۲-۱-۲ کالیبراسیون را حداقل به صورت سالیانه بررسی کنید. هنگامی که مقدار کنترل بیش از ۰.۱٪ از آخرین کالیبراسیون اختلاف داشته باشد، پروب را مجدد کالیبره کنید. ارزیابی را با استفاده از

1- Resistance temperature devices

2- Standard platinum resistance thermometer

3- Probe

سلول^۱ نقطه سه گانه آب، یک حمام یخ یا وسایل با دمای ثابت مناسب دیگر که مقادیر دمای مشخصی از دقت مناسب را دارا باشند، انجام دهید. به استانداردهای ASTM E563، ASTM E1750 و ASTM E 2593 به منظور دریافت اطلاعات بیشتر مربوط به کنترل کالیبراسیون ها مراجعه شود.

۵-۲-۲ دماسنج های مایع در شیشه؛ دماسنج های مورد نیاز برای تعیین ویسکوزیته سینماتیک دارای گستره $18/5^{\circ}\text{C}$ تا $21/5^{\circ}\text{C}$ یا $38/5^{\circ}\text{C}$ تا $41/5^{\circ}\text{C}$ هستند و مطابق با الزامات دماسنج های 120°C و 44°C استاندارد ASTM E1 می باشند و تا $(0/005^{\circ}\text{C}) \pm 5 \text{ mK}$ کالیبره شده اند. دماسنج باید دارای گزارش کالیبراسیون دمایی از یک آزمایشگاه کالیبراسیون دارای صلاحیت در دمای کالیبراسیون باشد.

۵-۲-۲-۱ کنترل کالیبراسیون؛ دماسنج را حداقل به صورت سالیانه در برابر یک دماسنج مرجع در حمام با دمای ثابت یا حمام یخ بررسی کنید. دماسنج را تا عمق شناوری آن فرو برید. در صورت استفاده از حمام یخ، خوانش نقطه یخ را در حدود ۶۰ دقیقه پس از آنکه دماسنج در دمای آزمون حداقل به مدت ۳ دقیقه قرار گرفته باشد، انجام دهید. اگر خوانش دمای تصحیح شده بیش از رواداری کالیبراسیون حاصل از دماسنج مرجع یا نقطه یخ اختلاف داشته باشد، کنترل کالیبراسیون را تکرار کنید. در صورتی که دماسنج از مقدار مرجع دو کنترل متوالی اختلاف داشته باشد، کالیبراسیون مجدد کامل دماسنج مورد نیاز می باشد.

۵-۲-۲-۲ کالیبراسیون مجدد؛ کالیبراسیون مجدد کامل دماسنج مایع در شیشه، به منظور برآورده کردن درستی نسبت داده شده به طراحی دماسنج مایع در شیشه لازم نمی باشد تا زمانی که دمای اندازه گیری شده و تصحیح شده دماسنج ها از دماسنج مرجع یا نقطه یخ بیش از یک مقیاس تقسیم اختلاف داشته باشد یا ۵ سال از آخرین کالیبراسیون کامل سپری شده باشد.

۵-۳ حمام؛ دارای ترموستات و حاوی آب یا دیگر مایعات شفاف با عمق کافی برای فروبری ویسکومترهای مرجع به گونه ای که خط نشانه بالائی حداقل ۵۰ mm پائین تر از سطح مایع باشد. کارایی همزن و توازن بین جذب گرما و اتلاف آن باید به نحوی باشد که دمای آب بیشتر از $0/01^{\circ}\text{C} \pm$ در طول ویسکومتر یا از محل یک ویسکومتر تا محل دیگر، تغییر نکند. فضای کاری حمام باید از تشعشعات مستقیم لامپ ها و گرم کن ها^۲ محافظت شود. یک دماسنج مقاومتی پلاتینی استاندارد به طول تقریباً ۴۵۰ mm می تواند به کار برده شود، تا اطمینان حاصل شود که تغییرات دما از $0/01^{\circ}\text{C} \pm$ بیشتر نشده است. توصیه می شود نگه دارنده های ویسکومتر، ویسکومتر مرجع را در یک موقعیت ثابت و قابل تکرار در محدوده صفر درجه و ۱۵ دقیقه، عمودی نگه دارند.

۵-۴ زمان سنج؛ یک زمان سنج با کوک فنی یا الکتریکی با قابلیت اندازه گیری زمان ۳۰۰ ثانیه تا ۱۰۰۰۰ ثانیه با درستی $0/03\% \pm$ مورد نیاز می باشد. زمان سنج با کوک فنی که فنر آن به طور کامل اما نه کاملاً سفت پیچانده شده، باید قبلاً در موقعیت مشابه استفاده و آزمون شده باشد. برای مثال، اگر در موقعیت ۴۵ درجه استفاده می شود، قبلاً باید در آن حالت آزمون شده باشد. زمان سنج های الکتریکی باید بر اساس

1- Cell

2- Heaters

مدارهایی که فرکانس‌های آن‌ها کنترل شده است، به کار برده شوند. منابع برق تجاری که فرکانس‌های آن‌ها به طور متناوب و نه پیوسته کنترل می‌شوند، مطلوب نمی‌باشند. زمان سنج‌های مکانیکی و الکتریکی به دمای محیط پائین‌تر از حد عادی حساس می‌باشند و نباید هنگامی که آزمایشگاه سرد است استفاده شوند.

۵-۴-۱ زمان سنج باید حداقل هر ۱۲ ماه یکبار کالیبره شود.

یادآوری- عدم قطعیت اندازه‌گیری آزمایشگاهی وابسته به عملکرد دستگاه مورد استفاده می‌باشد. عدم قطعیت با استفاده از تجهیزاتی که فراتر از حداقل الزامات نشان داده شده در بند ۵ را پوشش می‌دهد (رواداری کمتر)، از آنجا که استقرار پایدار وسیله مطرح است، می‌تواند بهبود یابد (کاهش یابد).

۶ مواد و/یا واکنشگرها

۶-۱ استن؛ نوع آزمایشگاهی.

هشدار- استن به شدت قابل اشتعال می‌باشد.

۶-۲ **محلول تمیز کننده اسید کرومیک؛** به دقت ۱ لیتر اسید سولفوریک غلیظ (H_2SO_4) با چگالی نسبی (۱/۸۴) را درون ۳۵ ml محلول اشباع دی‌کرومات سدیم در آب ($Na_2Cr_2O_7$ نوع صنعتی) بریزید. می‌توان از محلول‌های تمیز کننده اسیدی، شدیداً اکسید کننده و فاقد کروم استفاده کرد تا از مشکلات ناشی از قرار گرفتن در معرض محلول‌های کروم اجتناب شود.

هشدار- این محلول سوختگی‌های شدید ایجاد می‌کند.

۶-۳ **اتر نفتی؛** یا دیگر حلال‌های کاملاً قابل اختلاط با روغن‌های نفتی.

هشدار- اتر نفتی احتراق‌پذیر و دارای بخارات مضر است.

۶-۴ **آب به عنوان استاندارد اولیه؛** آب دی‌یونیزه^۱ یا آب مقطر که در همان روز استفاده، تقطیر شده است. آب را در یک بطری از جنس شیشه بروسلیکاتی دارای در شیشه‌ای و تمیز شده با اسید کرومیک نگهداری کنید. به استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ مراجعه شود.

۶-۵ **روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد؛** روغن‌های پایدار نفتی برای پوشاندن گستره ویسکوزیته سینماتیک دلخواه در نظر گرفته شوند. این روغن‌ها باید شفاف بوده و در دمای $40^{\circ}C$ ، فشار بخار کمتر از ۱۰ mmHg داشته باشند. این روغن‌ها را دور از نور و گرما در ظرف‌های مناسب ترجیحاً شیشه‌ای نگهداری کنید.

۷ کالیبراسیون ویسکومترهای مرجع با آب در دمای 20°C

۱-۷ با اعمال تصحیحات لازم روی دماسنج، دمای حمام آب را در $(20 \pm 0.1)^{\circ}\text{C}$ ثابت نگه دارید. توصیه می‌شود که از دو دماسنج کنترل کننده جهت تشخیص هرگونه تغییر در کالیبراسیون استفاده شود.

۲-۷ یک ویسکومتر مرجع دارای ثابت کالیبراسیون بین $0.001 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ تا $0.003 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ را با محلول تمیزکننده اسید کرومیک تمیز کنید تا از رسوبات آلی پاک شود. سپس آن را به طور کامل با آب مقطر و سپس استن شستشو داده و با جریانی از هوای تصفیه شده خشک کنید.

۳-۷ یک ارلن مایر در سمباده‌ای ۵۰ میلی‌لیتری را با محلول تمیزکننده، تمیز کرده و سپس به طور کامل با آب مقطر شستشو دهید. آب تازه تقطیر شده به عنوان استاندارد اولیه را درون ارلن مایر ریخته و بجوشانید تا گازهای حل شده آزاد شوند. در ارلن را گذاشته تا از ورود گرد و غبار جلوگیری شود و اجازه دهید تا خنک شود. در صورت کالیبراسیون یک ویسکومتر مرجع کانن، آب را تا دمای $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ خنک کنید.

۴-۷ ویسکومتر مرجع کانن را به روش زیر آماده کنید:

۱-۴-۷ یک شیلنگ لاستیکی را به شاخه بزرگ J ویسکومتر متصل کنید. ویسکومتر را وارونه کرده و انتهای شاخه کوچک A را درون بشر آب فرو برید. از طریق شیلنگ لاستیکی مکش را انجام داده و مایع را به درون مخزن‌های B و D تا رسیدن به خط نشاندار E بالا بکشید. ویسکومتر را به حالت عادی عمودی برگردانده، لوله A را تمیز کرده، ویسکومتر را داخل یک نگه‌دارنده قرار داده و درون حمام با دمای ثابت قرار دهید.

۲-۴-۷ ویسکومتر را به طور ثابت محکم کرده و در حالت عمودی به کمک یک شاقول به طول ۵۶۰ mm تراز کنید. این کار را می‌توانید با استفاده از یک چوب پنبه به اندازه قطر شاخه بزرگ J، یک تکه نخ و میله سربی به طول ۱۸ mm و قطر ۳ mm انجام دهید. چوب پنبه (یا بست) را در طول آزمون بردارید تا هیچ گونه فشار برگشتی ایجاد نشود.

۵-۷ ویسکومتر مرجع آبلود را به روش زیر آماده کنید:

۱-۵-۷ ویسکومتر را حدود 30° درجه از حالت قائم به سمت مخزن A کج کرده و مقدار کافی از آب مقطر را وارد شاخه بزرگ ۱ نمائید تا سطح آب به خط نشانه پائینی برسد. سطح آب هنگامی که ویسکومتر به حالت قائم برگردانده می‌شود و مایع از لوله ۱ پائین آمده است، نباید از خط نشانه بالائی بیشتر باشد. ویسکومتر را به گونه‌ای پر کنید که قسمت U شکل پائین ویسکومتر بدون هوا بوده و به طور کامل پر شود.

۲-۵-۷ ویسکومتر را داخل یک نگه‌دارنده قرار داده و در حمام با دمای ثابت فرو برید. شاخه بزرگ ۱ را در حالت قائم به طریقی که در مورد ویسکومتر کانن شرح داده شد به کمک یک شاقول تراز کنید.

۶-۷ اجازه دهید ویسکومتر آماده شده به مدت کافی درون حمام مانده تا نمونه به دمای حمام برسد. برای این کار معمولاً ۱۵ دقیقه زمان کافی است.

۷-۷ به آرامی با خلاء یا فشار، مایع را به حدود ۵ mm بالاتر از خط نشانه بالایی برسانید. از ترشح مایع در داخل مخزن بالائی یا تشکیل هرگونه حباب هوا در مایع اجتناب کنید. هنگامی که از ویسکومتر آبلود استفاده می‌کنید یک انگشت را در این مدت در بالای لوله ۳ نگه دارید، سپس آن را برداشته و بلافاصله در انتهای لوله ۲ قرار دهید تا این که قطرات مایع از انتهای لوله موئین خارج شوند.

۸-۷ زمان شار آب از خط نشان بالائی تا خط نشان پائینی (که باید حداقل ۳۰۰ ثانیه باشد) را با تقریب ۰/۱ ثانیه اندازه‌گیری کنید. این اندازه‌گیری را دو بار دیگر تکرار کرده و اگر اختلاف بیشترین و کمترین زمان حداکثر ۰/۱٪ باشد، میانگین آن‌ها را به دست آورید. اگر اختلاف آن‌ها بیشتر از این حد رواداری باشد، روش را با توجه ویژه به تمیز کردن ویسکومتر، صاف کردن نمونه، جلوگیری از آلودگی در حین پر کردن و بعد از آن، بررسی سیستم کنترل دما و دستگاه اندازه‌گیری زمان، تکرار کنید.

۹-۷ ویسکومتر را تمیز کرده و با هوای تصفیه شده خشک کنید. ویسکومتر را مطابق با شرایط ذکر شده قبلی با همان روغن پر و آماده نموده و زمان شار را سه بار اندازه‌گیری نمائید. در صورتی که اختلاف بیشترین و کمترین زمان حداکثر ۰/۱٪ باشد میانگین آن‌ها را به دست آورید.

۱۰-۷ در صورتی که دو میانگین حداکثر ۰/۱٪ اختلاف داشته باشند، میانگین آن‌ها را حساب کنید، تا یک میانگین از دو زمان شار به دست آید.

۱۱-۷ ثابت ویسکومتر را با استفاده از معادله ۱ محاسبه کنید:

$$C = \frac{1.0034}{t} \quad (1)$$

که در آن:

C ثابت کالیبراسیون ویسکومتر با آب دردمای 20°C ، بر حسب میلی‌متر مربع بر مجذور ثانیه؛
 t زمان شار، بر حسب ثانیه (s).

۱۲-۷ اعمال مذکور در بندهای ۷-۱ تا ۷-۸ را با یک ویسکومتر مرجع دوم با حداکثر ثابت $3 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ تکرار کنید.

یادآوری - معمولاً ویسکومترهای مرجع در یک محل، کالیبره شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورتی که بعداً ویسکومتر در آزمایشگاه دیگری غیر از محل کالیبره شدن مورد استفاده قرار گیرد، ثابت C باید به علت اختلاف شتاب جاذبه زمین، g در دو محل به صورت معادله ۲ اصلاح گردد:

$$C_2 = \left(\frac{g_2}{g_1} \right) \times C_1 \quad (2)$$

که در آن:

g_2 و C_2 ثابت کالیبراسیون و شتاب گرانش در محل جدید؛
 g_1 و C_1 ثابت کالیبراسیون و شتاب گرانش در محل اصلی.
 گواهینامه‌های ویسکومترها باید مقدار g را در محل آزمایشگاه کالیبراسیون بیان کنند. عدم توجه به اصلاح ثابت ویسکومتر به علت تغییر جاذبه می‌تواند منجر به خطاهای زیادی تا حد ۰/۲٪ گردد، که دو برابر خطای مجاز در این روش آزمون می‌باشد.

۸ کالیبراسیون روغن‌های با ویسکوزیته استاندارد در دمای ۴۰°C

۸-۱ روغنی با ویسکوزیته سینماتیک در حدود $3 \text{ mm}^2/\text{s}$ در دمای ۴۰°C را انتخاب کنید. بخشی از آن را با عبور از یک الک دارای مش 200^1 ($75 \mu\text{m}$) یا فیلتر مناسب دیگر به داخل یک بشر تمیز صاف کنید، تا خاک و رسوبات آن حذف شود. در صورت نیاز، دمای روغن را در $(3 \pm 2)^\circ\text{C}$ تنظیم کنید.

۸-۲ با اعمال تصحیحات لازم بر روی دماسنج، دمای حمام را در $(1 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ ثابت نگه دارید.

یادآوری- این روش برای دمای ۴۰°C بیان شده است، زیرا ویسکوزیته سینماتیک روغن‌های نفتی معمولاً در این دما اندازه‌گیری می‌شوند و بنابراین روغن‌های ویسکوزیته استاندارد در دمای ۴۰°C کاربرد متداول دارند. به هر حال ویسکومترهای مرجع ممکن است در هر حمام با دمای مناسب، کالیبره شده و با به کار بردن تصحیحات لازم در دماهای دیگر استفاده شوند.

۸-۳ ویسکومتر مرجع که قبلاً با آب کالیبره شده است را با روغن پر کنید. اجازه دهید ویسکومتر آماده شده به مدت کافی در حمام بماند تا با حمام هم دما شود.

۸-۴ زمان شار را با دقت 0.1 ثانیه سه بار اندازه‌گیری نموده و اگر اختلاف زمان‌ها حداکثر 0.1% باشد میانگین نتایج را به دست آورید.

۸-۵ ویسکومتر را با اتر نفتی و سپس استن شستشو داده و با جریان هوای تصفیه شده خشک کنید. ویسکومتر را دوباره از روغن پر کرده و زمان شار را سه بار اندازه‌گیری کنید. در صورتی که اختلاف زمان‌ها حداکثر 0.1% باشند، میانگین نتایج را به دست آورید.

۸-۶ در صورتی که میانگین نتایج حداکثر 0.1% اختلاف داشته باشد، میانگین آن‌ها را محاسبه کنید.

۸-۷ با استفاده از ویسکومتر مرجع کالیبره شده دوم، روش شرح داده شده بند ۸-۱ تا ۸-۶ را با همان روغن تکرار کنید.

۹ تصحیحات و محاسبه ویسکوزیته سینماتیک در دمای ۴۰°C

۹-۱ تصحیح اثر شناوری

یادآوری- این روش برای ویسکومترهای کانون و آبلود کاربرد دارد.

۹-۱-۱ در ویسکومترهای سینماتیک، نیروی رانش مایع به آرامی توسط نیروی مقاوم هوا در شاخه خالی ویسکومتر کاهش می‌یابد. اثر شناوری از تقسیم چگالی هوا بر چگالی مایع به دست می‌آید. در تغییر مایع از آب 20°C به روغن در دمای دیگر، تصحیح فوق برابر با اختلاف بین حاصل تقسیم‌ها در مورد این دو مایع می‌باشد:

$$c_b = (d_{a20}/d_{w20}) - (d_{aT}/d_{oT}) \quad (3)$$

که در آن:

c_b تصحیح اثر شناوری بیان شده به صورت کسری از نیروی رانش مایع؛

d_{a20} چگالی هوای مرطوب در دمای 20°C (0.00120 گرم بر میلی لیتر)؛

d_{w20} چگالی آب در دمای 20°C (0.998 گرم بر میلی لیتر)؛

d_{aT} چگالی هوای مرطوب در دمای آزمون، بر حسب گرم بر میلی لیتر (جدول ۱ را ببینید)؛

d_{oT} چگالی روغن در دمای آزمون، بر حسب گرم بر میلی لیتر.

۹-۱-۲ چگالی روغن استاندارد را در دمای 40°C مطابق با استاندارد ASTM D1480 تعیین کنید. روش دیگر اینکه، چگالی نسبی روغن را در چند دمای مناسب تعیین کرده و سپس چگالی نسبی روغن را در دمای 40°C مطابق با استاندارد ASTM D1250 به دست آورید. چگالی نسبی به اندازه کافی به مقدار چگالی، برای استفاده در این تصحیح نزدیک است.

۹-۱-۳ تصحیح اثرشناوری را به وسیله معادله داده شده در بند ۹-۱-۱ با جاگذاری چگالی تعیین شده روغن در دمای 40°C و چگالی هوا در دمای 40°C به دست آمده از جدول ۱ محاسبه کنید. برای اغلب روغن‌های نفتی هنگام تصحیح از آب 20°C به روغن 40°C مقدار تصحیح شناوری به طور تقریبی -0.0002 به دست می‌آید.

جدول ۱ - دانسیته هوای مرطوب

چگالی، g/ml	دما، $^{\circ}\text{C}$
۰.۰۰۱۶۲	-۵۴
۰.۰۰۱۵۰	-۴۰
۰.۰۰۱۲۸	۰
۰.۰۰۱۲۰	۲۰
۰.۰۰۱۱۸	۲۵
۰.۰۰۱۱۳	۴۰
۰.۰۰۱۰۵	۶۰
۰.۰۰۰۹۴	۱۰۰
یادآوری - این چگالی‌ها با فرض فشار اتمسفر ۷۶۰ میلیمتر جیوه در دمای 20°C و بالاتر و نقطه شبنم 15°C (میانگین پیش‌بینی 5°C تا 25°C) در نظر گرفته شده‌اند.	

۲-۹ تصحیح دما

یادآوری- فقط برای ویسکومتر کانن هنگامی که دمای آزمون از دمای کالیبراسیون 20°C متفاوت باشد، ضروری است.

۱-۲-۹ اثرات انبساط حرارتی ویسکومترهای لوله موئین شیشه‌ای نوع سینماتیک، به صورت بالقوه خودبخود تصحیح شده و معمولاً قابل صرفنظر می‌باشند. به هر حال در ویسکومترهایی که حجم کاری آن‌ها در $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ تنظیم شده است، ولی در دمای دیگری استفاده می‌شوند، طول ستون مایع با انبساط یا انقباض مایع تغییر می‌کند. این تصحیح به صورت زیر اعمال می‌شود:

$$c_T = \frac{V(d_T - d_{20})}{\pi R^2 h d_T} \quad (4)$$

که در آن:

- c_T تصحیح دمای بیان شده به صورت کسری از طول ستون مایع؛
- V حجم کل برای پر کردن در دمای 20°C ، بر حسب میلی‌لیتر؛
- d_{20} چگالی مایع هنگامی که در دمای 20°C پر شده است، بر حسب گرم بر میلی‌لیتر؛
- d_T چگالی مایع در دمای آزمون، بر حسب گرم بر میلی‌لیتر؛
- R شعاع داخلی مخزن، بر حسب سانتی‌متر؛
- h طول ستون مایع، بر حسب سانتیمتر در دمای 20°C .

یادآوری- حجم پر کردن، شعاع داخلی مخزن و طول ستون مایع ممکن است به طور تقریبی اندازه‌گیری شود، چون خطاها در این اندازه‌گیری‌ها فقط تاثیر اندکی در ویسکوزیته اصلاح شده نهائی دارد. برای ویسکومترهای کانن مطابق با ابعاد نشان داده شده در شکل ۱، معادله به صورت معادله ۵ بیان می‌شود:

$$c_T = 0.023 \times \left[\frac{(d_T - d_{20})}{d_T} \right] \quad (5)$$

۲-۲-۹ چگالی روغن در دمای 20°C را مطابق با استاندارد ASTM D1480 تعیین کنید. روش دیگر این که، چگالی روغن را در چندین دمای مناسب تعیین کرده و سپس چگالی نسبی در دمای 20°C و 40°C را مطابق با ASTM D1250 به دست آورید. چگالی نسبی به جای چگالی در این معادله می‌تواند جایگزین شود.

۳-۲-۹ تصحیح دما را به وسیله معادله ارائه شده در بند ۱-۲-۹ با جایگزینی چگالی روغن در دمای 20°C و چگالی روغن در دمای 40°C (تعیین شده به یکی از دو روش ذکر شده در بند ۱-۹) محاسبه کنید. برای بیشتر روغن‌های نفتی هنگام تصحیح دما از 20°C به 40°C ، مقدار تصحیح دما 0.0003 - می‌باشد.

۳-۹ تصحیح کشش سطحی

یادآوری- فقط برای ویسکومترهای نوع کانن هنگامی که با یک مایع کالیبره شده و با مایع دیگری دارای کشش سطحی و دانسیته متفاوت استفاده می‌شوند، ضروری است.

۹-۳-۱ اگر انحنای سطح بالائی مایع درون لوله‌ای باریک‌تر نسبت به انحنای سطح پائینی مایع جریان یابد، طول ستون مایع به واسطه صعود موئینگی در لوله یا مخزن با قطر کمتر کمی کاهش می‌یابد. کشش سطحی و صعود موئینگی آب نسبت به روغن بیشتر است. در نتیجه طول ستون مایع در یک ویسکومتر در مورد آب بیشتر کاهش می‌یابد و نسبت به روغن کمتر خواهد بود. بنابراین به علت اختلاف در صعود موئینگی آب و روغن، انجام تصحیح نیاز می‌باشد.

۹-۳-۲ معادلات بیان کننده ارتباط بین صعود موئینگی و کشش سطحی در لوله‌های با قطر کوچک وجود دارد. این معادلات هنگامی که لوله‌های بزرگ‌تر استفاده شوند، صحیح نمی‌باشند. تصحیحات داده شده در جدول ۲ بر اساس اندازه‌گیری‌های واقعی صعود موئینگی در مورد آب و روغن در یک مخزن شبیه به مخزن جریان ویسکومتر کانن تعیین شده‌اند. این تصحیحات تجربی هستند و فقط برای ویسکومترهای کانن دارای ابعاد نشان داده شده در شکل ۱ کاربرد دارند. مخزن جریان D باید کروی بوده و دارای حجم 3 cm^3 باشد. مخزن پایینی باید به قطر ۳۰ mm و طول قسمت موئین باید $40 \pm 470 \text{ mm}$ باشد.

۹-۳-۳ کشش سطحی روغن استاندارد در دمای 40°C را مطابق استاندارد ASTM D1590 تعیین نمایید.
۹-۳-۴ کشش سطحی را به چگالی در دمای 40°C ، تعیین شده در بند ۹-۱-۲، تقسیم کنید. تصحیح کشش سطحی را از جدول ۲ انتخاب کنید. این تصحیح به صورت کسری از طول ستون مایع بیان شده است.

یادآوری- در ویسکومترهای مرجع کانن، تصحیح کشش سطحی تقریبی برای بیشتر روغن‌های نفتی هنگام تصحیح از آب 20°C به روغن 40°C ، $+0.0014$ می‌باشد. در ویسکومترهای مرجع آبلود، در صورتی که قطر انحنای در مخزن خروجی زیر لوله موئین ۷۵٪ انحناء در حداکثر قطر مخزن جریان باشد، تصحیح کشش سطحی نزدیک به صفر خواهد بود. اگر قطر انحناء پایینی بین ۷۰٪ تا ۸۰٪ حداکثر قطر تقریر بالایی تغییر کند، تصحیح کشش سطحی، c_s ، به ترتیب -0.0002 تا $+0.0002$ (-0.0002 تا $+0.0002$) تغییر خواهد کرد. هنگامی که ویسکومتر مطابق با شکل ۲ ساخته شده باشد، تصحیح کشش سطحی باید بین این حدود باشد. اگر قطر انحناء پایینی بین ۶۰٪ تا ۹۰٪ حداکثر قطر انحناء بالایی تغییر کند، تصحیح کشش سطحی، c_s ، بین -0.0005 تا $+0.0005$ ، (-0.0005 تا $+0.0005$) تغییر خواهد کرد.

جدول ۲ - تصحیح کشش سطحی

کشش سطحی تقسیم بر چگالی	تصحیح
۳۰	$+0.0016$
۳۵	$+0.0014$
۴۰	$+0.0012$

۴-۹ محاسبه ویسکوزیته سینماتیک

۱-۴-۹ برای یک ویسکومتر مرجع کائن، ویسکوزیته سینماتیک روغن استاندارد را مطابق با معادله ۶ محاسبه کنید:

$$\nu = (1 + c_b + c_T + c_s) \times Ct \quad (۶)$$

که در آن:

ν ویسکوزیته سینماتیک روغن در دمای 40°C ، بر حسب میلی متر مربع بر ثانیه؛

c_b تصحیح شناوری (به بند ۹-۱ مراجعه کنید)؛

c_T تصحیح دما (به بند ۹-۲ مراجعه کنید)؛

c_s تصحیح کشش سطحی (به بند ۹-۳ مراجعه کنید)؛

C ثابت کالیبراسیون ویسکومتر مرجع با آب در دمای 20°C ، بر حسب میلی متر مربع بر مجذور ثانیه؛

t میانگین زمان شار، بر حسب ثانیه.

۲-۴-۹ برای یک ویسکومتر مرجع آبلود، ویسکوزیته سینماتیک روغن استاندارد را مطابق با معادله ۷ محاسبه کنید:

$$\nu = (1 + c_b) \times Ct \quad (۷)$$

که در آن:

توضیحات مربوط به ν ، c_b ، C در بند ۹-۴-۱ ارائه شده است.

یادآوری- مقدار $(1 + c_b + c_T + c_s)$ برای ویسکومتر مرجع کائن، به طور متوسط حدود $1/0009$ و برای ویسکومتر مرجع آبلود حدود $0/9998$ می باشد. بنابراین تصحیح کل، مرتبه ای مشابه یا کمتر از حد تکرارپذیری این روش آزمون دارد.

۴-۹ محاسبات را برای داده های به دست آمده در بند ۸-۷ در مورد ویسکومتر مرجع دوم تکرار کنید. اگر نتایج حداکثر $0/1\%$ اختلاف داشته باشند، میانگین آن ها را به دست آورید.

۱۰ کالیبراسیون ویسکومترهای مرجع و روغن های با ویسکوزیته استاندارد دیگر در دمای 40°C

۱-۱۰ روغنی با ویسکوزیته سینماتیک $6 \text{ mm}^2/\text{s}$ تا $10 \text{ mm}^2/\text{s}$ در دمای 40°C انتخاب کنید. میانگین ویسکوزیته سینماتیک آن را توسط دو ویسکومتر مرجع کالیبره شده، مطابق روش های مذکور در بندهای ۸ و ۹ تعیین کنید.

۲-۱۰ ویسکومتر مرجع سوم جدید دارای ثابت کالیبراسیون $0/003 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ تا $0/009 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ را انتخاب کنید. ثابت کالیبراسیون را با استفاده از روغن های با ویسکوزیته سینماتیک استاندارد $3 \text{ mm}^2/\text{s}$ و $10 \text{ mm}^2/\text{s}$ ، مطابق با روش ارائه شده در بندهای ۸-۱ تا ۸-۶ تعیین کنید.

۱۰-۳ ثابت کالبراسیون را با استفاده از معادلات زیر محاسبه کنید:

۱۰-۳-۱ برای ویسکومترهای مرجع کانن:

$$C = \nu / [(1 + c_b + c_T + c_s) \times t] \quad (8)$$

که در آن:

C فاکتور کالبراسیون برای آب در دمای 20°C ، بر حسب میلی متر مربع بر مجذور ثانیه؛

ν ویسکوزیته سینماتیک روغن استاندارد، بر حسب میلی متر مربع بر ثانیه؛

c_b تصحیح شناوری (به بند ۹-۱ مراجعه کنید)؛

c_T تصحیح دما (به بند ۹-۲ مراجعه کنید)؛

c_s تصحیح کشش سطحی (به بند ۹-۳ مراجعه کنید)؛

t میانگین زمان شار، بر حسب ثانیه.

۱۰-۳-۲ برای ویسکومترهای مرجع آبلود:

$$C = \nu / [(1 + c_b) \times t] \quad (9)$$

که در آن:

توضیحات مربوط به ν ، c_b ، C در بند ۱۰-۳-۱ ارائه شده است.

یادآوری- برای هماهنگی، تمام فاکتورهای کالبراسیون ویسکومترها به آب 20°C تصحیح می گردند. تصحیحات برای روغن ها و دماهای دیگر از این شرایط استاندارد به دست می آید. فاکتورهای کالبراسیون با روغن 40°C ، در کالبراسیون متداول، استفاده می شوند.

۱۰-۴ اگر دو فاکتور کالبراسیون استاندارد روغن ها، حداکثر 0.1% اختلاف داشته باشند، میانگین آن ها را به دست آورید.

۱۰-۵ کالیبره کردن ویسکومترها و روغن های با ویسکوزیته استاندارد را به روش مشابه و با استفاده از دو یا چند روغن با ویسکوزیته استاندارد برای تعیین فاکتور هر ویسکومتر و دو ویسکومتر برای تعیین ویسکوزیته سینماتیک هر روغن استاندارد، ادامه دهید.

۱۰-۶ به تناوب ویسکومترهای مرجع را با محلول پاک کننده اسید کرومیک تمیز کنید تا از رسوبات آلی پاک شوند.

۱۱ کالبراسیون روغن های با ویسکوزیته استاندارد در دیگر دماها

۱۱-۱ یک ویسکومتر مرجع دارای زمان شار بین 300 ثانیه تا 3000 ثانیه برای روغن، در دمای آزمون انتخاب کنید.

۱۱-۲ اگر تردید وجود دارد که نمونه روغن، حاوی ذرات جامد باشد، آن را با استفاده از یک صافی با مش 200 (75 میکرومتر) در یک بشر تمیز صاف کنید. هنگام کالیبره کردن با ویسکومترهای مرجع کانن، دمای روغن را در $20 \pm 3^\circ\text{C}$ تنظیم کنید. ویسکومتر را مطابق بند ۷-۴ یا ۷-۵ آماده کنید.

- ۱۱-۳ دمای حمام را در دماهای آزمون جدید با دقت $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ تنظیم کنید. برای دماهای پائین تر از 15°C دمای حمام باید با دقت $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ثابت باشد. هنگام کار در دمای نزدیک یا کمتر از نقطه شبنم، از لوله‌های خشک‌کن به منظور جلوگیری از تراکم رطوبت در ویسکومتر، استفاده کنید.
- ۱۱-۴ زمان شار روغن را در دمای آزمون جدید مطابق روش مذکور در بندهای ۸-۳ تا ۸-۶ تعیین کنید. یک ویسکومتر مرجع دیگر دارای زمان شار بین ۳۰۰ ثانیه تا ۳۰۰۰ ثانیه انتخاب کرده و تعیین زمان شار را تکرار کنید.
- ۱۱-۵ ویسکوزیته سینماتیک را مطابق بند ۹ با جایگزینی چگالی هوا، چگالی روغن و کشش سطحی در دمای آزمون جدید به جای چگالی‌ها و کشش سطحی در 40°C محاسبه کنید.