



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۹۲۸۵

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

19285

1st.Edition

2015

پلاستیک‌ها-لوله‌های تقویت شده با الیاف  
شیشه (GRP)- تعیین سفتی خزشی  
حلقوی ویژه بلند مدت تحت شرایط مرطوب  
و محاسبه ضریب خزش مرطوب

**Glass-Reinforced thermosetting plastics  
(GRP) pipes — Determination of the  
long-Term specific ring creep stiffness  
under wet conditions and calculation of  
the wet creep factor**

ICS: 23.040.20

## 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، مصرف کنندگان، 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 می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای 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 می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها 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 Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"پلاستیک‌ها- لوله‌های تقویت شده با الیاف شیشه (GRP) - تعیین سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند

مدت تحت شرایط مرطوب و محاسبه ضریب خزش مرطوب"

رئیس:

عصائی، سید حسن  
(دکترای مهندسی هوا فضا)

سمت و/ یا نمایندگی

دانشگاه صنعتی شیراز

دبیر:

مصلائی، مهرداد  
(کارشناس ارشد شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد فارس

اعضاء: ( اسامی به ترتیب حروف الفبا )

دانشگاه آزاد اسلامی واحد امارات  
متحدہ عربی

آزادی، بهراد  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

کارشناس تحقیق و توسعه شرکت  
فرا تک نوین پارسه

توکلی فرد، سید علی  
(کارشناس مکانیک)

سرپرست بخش مکانیک فرا تک نوین  
پارسه

جاهدی، محمد امین  
(کارشناس ارشد مدیریت)

مدیر عامل شرکت سماء پلاست  
پرشین

دیداری، کورش  
(لیسانس شیمی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت سپید  
پارس

زارع، مسعود  
(کارشناس ارشد شیمی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت فراسان

سبوحی، مریم  
(کارشناس ارشد پلیمر)

مدیر کنترل کیفیت شرکت فراپاکس

ستایش، امیر  
(کارشناس ارشد شیمی)

مدیر عامل شرکت فراپاکس

ظهیر امامی، علیرضا  
(دکترای مدیریت استراتژیک)

کارشناس تحقیق و توسعه شرکت  
فرا تک نوین پارسه

عطاپور، سارا  
(کارشناس ارشد شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه

عنوان

ب

آشنایی با سازمان ملی استاندارد

ج

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

و

پیش گفتار

۱

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱

۲ مراجع الزامی

۱

۳ اصطلاحات و تعاریف

۴

۴ اصول کلی

۴

۵ دستگاه

۶

۶ آزمون

۷

۷ تعداد آزمون

۷

۸ تعیین ابعاد آزمون

۸

۹ تثبیت آزمون

۸

۱۰ روش کار

۹

۱۱ محاسبات

۱۰

۱۲ گزارش آزمون

۱۱

پیوست الف (اطلاعاتی)

## پیش گفتار

استاندارد "پلاستیک‌ها- لوله‌های تقویت شده با الیاف شیشه (GRP)- تعیین سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت تحت شرایط مرطوب و محاسبه ضریب خزش مرطوب" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در یک هزار و سیصد و هجدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد شیمیایی و پلیمر مورخ ۹۳/۱۱/۲۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 10468:2003/Amd1:2010, Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes -- Determination of the long-term specific ring creep stiffness under wet conditions and calculation of the wet creep factor

# لوله‌های پلاستیکی تقویت شده با الیاف شیشه (GRP) - تعیین سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت تحت شرایط مرطوب و محاسبه ضریب خزش مرطوب

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد مشخص کردن روشی برای تعیین سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت و محاسبه ضریب خزش مرطوب برای لوله‌های پلاستیکی تقویت شده با الیاف شیشه (GRP) است.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۲۸۶، سامانه‌های لوله‌کشی پلاستیکی - لوله‌های پلاستیکی تقویت شده با الیاف شیشه (GRP) - تعیین سفتی حلقوی ویژه اولیه

2-2 ISO 10928, Plastics piping systems — Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes and fittings — Methods for regression analysis and their use

## ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

### ۱-۳

نیروی فشاری عمودی

F

نیروی عمودی، بر حسب نیوتن، اعمال شده بر روی لوله افقی برای ایجاد تغییر شکل عمودی

### ۲-۳

سفتی حلقوی ویژه

S

مشخصه فیزیکی لوله بر حسب نیوتن بر متر مربع که از مقاومت در برابر تغییر شکل حلقوی بر حسب متر تحت بار خارجی اندازه‌گیری می‌شود و به وسیله معادله زیر معین می‌شود:

$$S = \frac{E \times I}{d_m^3}$$

که در آن:

$E$  مدول ظاهری الاستیسیته، بر حسب نیوتن در متر مربع، تعیین شده بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۹۲۸۶؛

$I$  ممان دوم سطح در جهت طولی بر متر طول، بر حسب متر به توان چهارم در هر متر ( $m^4/m$ )، یعنی

$$I = \frac{e^3}{12}$$

که در آن

$e$  ضخامت دیواره لوله، بر حسب متر؛

$d_m$  میانگین قطر لوله، بر حسب متر (مطابق بند ۳-۳).

۳-۳

**میانگین قطر**

$d_m$

قطر، بر حسب متر، متناظر با میانه سطح مقطع دیواره لوله که به وسیله معادلات زیر معین می‌شود:

$$d_m = d_i + e$$

$$d_m = d_e - e$$

که در آن:

$d_i$  قطر داخلی، بر حسب متر؛

$d_e$  قطر خارجی، بر حسب متر؛

$e$  ضخامت دیواره لوله، بر حسب متر.

۴-۳

**سفتی حلقوی ویژه اولیه**

$S_0$

مقدار  $S$ ، بر حسب نیوتن بر متر مربع، تعیین شده به وسیله آزمون استاندارد ملی شماره ۱۹۲۸۶

۵-۳

**سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت در موقعیت ۱**

$S_{x, 1, \text{creep, wet}}$

مقدار  $S$ ، بر حسب نیوتن بر متر مربع، در موقعیت مرجع، موقعیت ۱ (مطابق ۱۰-۲)، در  $x$  سال، تعیین شده به

وسیله برون یابی اندازه‌گیری‌های سفتی بلند مدت در نیروی ثابت تحت شرایط مرطوب (مطابق بندهای ۳-۲ و

۱۰-۲)

۶-۳

**سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت محاسبه شده تحت شرایط مرطوب**

$S_{x, \text{creep, wet}}$

مقدار  $S$  محاسبه شده، بر حسب نیوتن بر متر مربع، در  $x$  سال، معین شده معادله (۵):

$$S_{x, \text{creep, wet}} = S_0 \times \alpha_{x, \text{creep, wet}} \quad (5)$$

که در آن:

$x$  زمان طی شده، بر حسب سال، مشخص شده در استاندارد مرجع؛

$\alpha_{x, \text{creep, wet}}$  ضریب خزش مرطوب (مطابق بند ۳-۷)؛

$S_0$  سفتی حلقوی ویژه اولیه، بر حسب نیوتن بر متر مربع.

۷-۳

**ضریب خزش مرطوب**

$\alpha_{x, \text{creep, wet}}$



نسبت سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت به سفتی حلقوی ویژه اولیه، در دو موقعیت مرجع، موقعیت ۱ (مطابق بند ۱۰-۲) و معین شده با معادله (۶):

$$\alpha_{x, creep, wet} = \frac{S_{x, 1, creep, wet}}{S_{0, 1}} \quad (۶)$$

که در آن:

$S_{0, 1}$  سفتی حلقوی ویژه اولیه در موقعیت ۱، بر حسب نیوتن بر متر مربع، تعیین شده مطابق استاندارد ملی شماره ۱۹۲۸۶؛  
 $S_{x, 1, creep, wet}$  سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت در موقعیت ۱، بر حسب نیوتن بر متر مربع.

۸-۳

### تغییر شکل عمودی

y

تغییرات عمودی در قطر لوله در موقعیت افقی، بر حسب متر، در پاسخ به نیروی فشاری عمودی (بند ۳-۱)

۹-۳

### تغییر شکل عمودی بلند مدت

$y_{x, 1, wet}$

مقدار تغییر شکل عمودی  $y$ ، بر حسب متر، در موقعیت مرجع، موقعیت ۱ (مطابق بند ۱۰-۲)، در  $x$  سال تحت شرایط مرطوب

۱۰-۳

### ضریب تغییر شکل

ضریب بدون بعد که از تئوری مرتبه دوم عمومی به کار رفته در تعاریف در نظر گرفته می‌شود و به وسیله معادله (۷) معین می‌شود:

$$f = [1860 + (2500 \times y_1 / d_m)] \times 10^{-5} \quad (۷)$$

$y_1$  تغییر شکل عمودی بلند مدت در موقعیت ۱، بر حسب متر؛  
 $d_m$  قطر متوسط (مطابق ۳-۳) لوله، بر حسب متر.

۱۱-۳

### کرنش محاسبه شده

$\epsilon_{calc, 1}$

کرنش بر روی سطح داخلی در تاج و کف لوله در موقعیت مرجع، موقعیت ۱، بر حسب درصد معین شده در معادله (۸):

$$\epsilon_{calc, 1} = \frac{4.28 \times \frac{e}{d_m} \times \frac{y_1}{d_m} \times 100}{\left(1 + \frac{y_1}{2 \times d_m}\right)^2} \quad (۸)$$

که در آن:

$y_1$  تغییر شکل عمودی در موقعیت ۱، بر حسب متر؛  
 $d_m$  قطر متوسط (مطابق ۳-۳) لوله، بر حسب متر؛  
 $e$  ضخامت دیواره لوله، بر حسب متر.

## ۴ اصول کلی

در سراسر یک طول برش داده شده از لوله که به صورت افقی نگه‌داشته شده، بار فشاری را به صورت قطری اعمال می‌شود، تا سطح مشخص شده کرنش محاسبه شده با استفاده از معادله ۸ به دست آید. سطوح اعمال نیرو می‌تواند صفحات تحمل کننده یا تیرهای حایل<sup>۱</sup> باشد.

لوله در آب برای یک دوره زمانی مشخص در دمای معین به صورتی غوطه‌ور می‌شود که در طی آن نیرو ثابت بماند سپس تغییر شکل عمودی در فواصل زمانی اندازه‌گیری می‌شود. سفتی خزشی حلقوی بلند مدت به وسیله برون‌یابی تخمین زده می‌شود.

ضریب خزش مرطوب از سفتی خزشی حلقوی بلند مدت و سفتی حلقوی ویژه اولیه به دست آمده از همان آزمون تعیین می‌شود. ضریب خزش مرطوب اظهار شده از متوسط نتایج دو آزمون به دست می‌آید. **یادآوری** - فرض بر این است که مقادیر عوامل آزمون زیر توسط استاندارد ملی که این استاندارد ملی را مرجع قرار داده تنظیم می‌شود:

الف) روش اندازه‌گیری سفتی حلقوی ویژه اولیه، به عنوان مثال بار ثابت یا تغییر شکل ثابت (مطابق ۳-۴)؛

ب) زمانی که مقادیر برون‌یابی می‌شود (مطابق بندهای ۳-۶ و ۱۱-۱)؛

پ) دمای آزمون (مطابق بندهای ۵-۳ و ۱۰-۱)؛

ت) طول آزمون (مطابق بند ۶)؛

ث) در صورت کاربرد، شرایط محیط، یعنی دما، رطوبت و مدت زمان (مطابق بند ۹)؛

ج) محدوده‌های زمانی برای نگهداری آزمون تحت بار (مطابق بند ۱۰-۶)؛

چ) سطح کرنشی که در آن آزمون انجام می‌شود.

## ۵ دستگاه

### ۱-۵ وسیله اعمال کننده بار فشاری

وسيله باید شامل یک سامانه که قادر به اعمال نیروی بدون شوک، از طریق دو سطح اعمال نیرو موازی مطابق با بند ۵-۲ باشد و بتواند یک آزمون با جهت‌گیری افقی تهیه شده از لوله مطابق با بند ۶ و غوطه‌ور در آب را به صورت عمودی فشرده و تحت نیروی ثابت در طول مدت آزمون مطابق با بند ۱۰-۶ نگهداری کند. تجهیزات باید قادر باشند نیروی اعمال شده را با دقت  $\pm 1\%$  تعیین کنند. اطمینان حاصل شود که نیروی اعمال شده توسط اثرات شناوری یا اصطکاک تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد.

### ۲-۵ سطح اعمال نیرو

روش استفاده از هر کدام از صفحه تحمل کننده یا تیرهای حایل برای اعمال بار بر روی آزمون را مجاز می‌داند، در صورت استفاده هر کدام در گزارش آزمون باید ذکر شود. باید از تنظیمات بارگذاری یکسان (صفحات، تیرها، یا صفحه و تیر) برای تعیین هر دو سفتی اولیه و بلند مدت استفاده شود.

### ۱-۲-۵ تنظیمات کلی

سطوح باید از یک جفت صفحه (مطابق بند ۵-۲-۲) یا یک جفت تیر حایل (مطابق بند ۵-۲-۳) یا ترکیبی از یک صفحه و یک تیر تهیه شود، به صورتی که محور اصلی عمودی آنها در مرکز جهت اعمال نیروی F توسط وسیله اعمال بار فشاری که در شکل ۱ نشان داده شده باشد. سطوح در تماس با آزمون باید صاف، پاک و موازی باشند.

#### ۲-۲-۵ صفحات

صفحات باید دارای حداقل عرض ۱۰۰ mm و طولی حداقل برابر با اندازه طول آزمون باشند (مطابق بند ۶). آنها باید به حد کافی مقاوم بوده تا در مدت آزمون به طور قابل مشاهده خم نشده یا به صورت دیگر تغییر شکل ندهند.

#### ۳-۲-۵ تیرهای حایل

هر تیر حایل باید به اندازه کافی سفت باشد که در مدت آزمون به طور قابل مشاهده خم نشده یا به صورت دیگر تغییر شکل ندهند. هر تیر حایل باید دارای حداقل طولی برابر با طول آزمون (مطابق بند ۶) و دارای سطح صاف و بدون لبه‌های تیز (مطابق شکل ۱) باشد. عرض سطح صاف باید ۱۵ mm تا ۵۵ mm باشد. تیر حایل باید طوری ساخته و نگهداشته شود که هیچ سطح دیگری از ساختار تیر حایل در طول آزمون در تماس با آزمون نباشد.

#### ۳-۵ ظرف آب

یک ظرف به اندازه کافی بزرگ مورد نیاز است که مطابق با بند ۶ آزمون بتواند تحت نیروی فشاری (مطابق با بند ۱۰-۵) در آب غوطه‌ور شود و در آن آب لوله‌کشی با pH برابر با  $2 \pm 7$  در دمای مشخص نگهداری شود (مطابق بند ۱۰-۱).

سطح آب باید برای جلوگیری از تأثیر قابل توجه بر مقدار نیروی عمودی اعمال شده به آزمون به اندازه کافی ثابت نگهداشته شود.

#### ۴-۵ وسایل اندازه‌گیری

وسیله اندازه‌گیری مورد نیاز است که بتواند موارد زیر را تعیین کند:

الف) ابعاد مورد نیاز (طول، قطر، ضخامت دیواره) با دقت ذکر شده در بند ۸ (در صورت کاربرد)؛

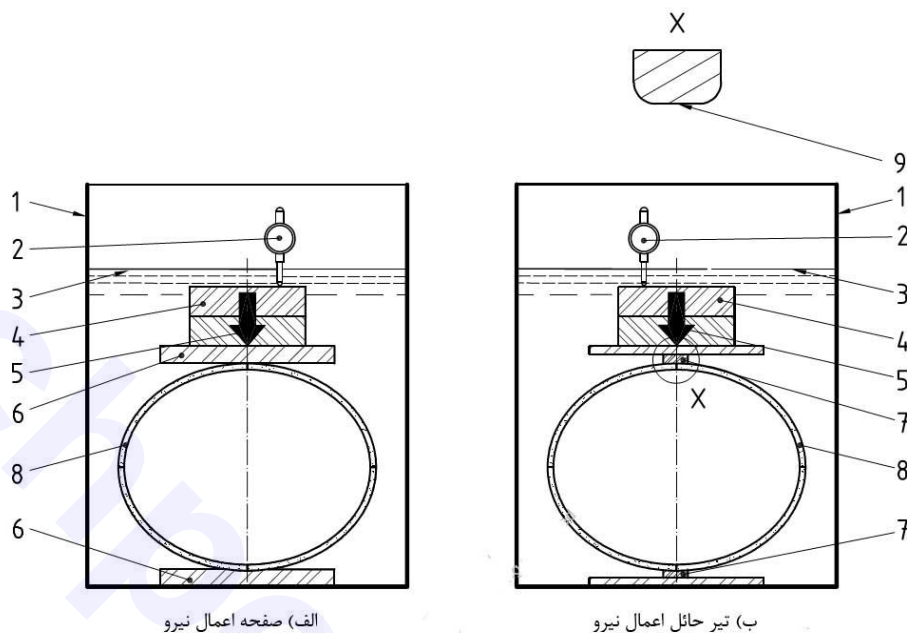
ب) تغییر شکل آزمون در جهت عمودی در مدت آزمون با دقت  $1,0 \pm$  مقدار اولیه.

یادآوری- در هنگام انتخاب وسیله برای اندازه‌گیری تغییر در قطر آزمون، باید محیط به طور بالقوه خورنده مورد استفاده در دستگاه در نظر گرفته شود.

#### ۶ آزمون

آزمون باید یک حلقه کامل باشد. طول آزمون (L) برحسب متر، باید در استاندارد مرجع مشخص شده باشد (با انحراف مجاز  $5 \pm$ ). در صورت مشخص نشدن در استاندارد مرجع، طول آزمون باید  $15 \pm 300$  mm باشد. انتهاها باید صاف بوده و عمود بر محور لوله برش داده شود و ممکن است آب‌بندی شوند.

خطوط مستقیم باید در داخل و خارج در امتداد طول آزمون در فواصل  $60^{\circ}$  محیط اطراف کشیده شده و به عنوان خطوط مرجع استفاده شوند.



الف) صفحه اعمال نیرو

ب) تیر حائل اعمال نیرو

شرح

۱- صفحه تحمل کننده بار

۲- تیر حایل

۳- آزمون

۴- سطح صاف

۱- ظرف آب

۲- وسیله اندازه‌گیری تغییر شکل

۳- سطح آب

۴- بار وزنی

۵- جهت نیروی فشاری،  $F$

یادآوری- در طول مدت آزمون وسیله اندازه‌گیری تغییر شکل، بار وزنی، صفحه تحمل کننده و تیر حایل بالای آزمون مجاز است بالاتر از سطح آبی باشد که آزمون به طور کامل در آن غوطه‌ور شده است.

شکل ۱- تنظیمات آزمون

## ۷ تعداد آزمون‌ها

دو آزمون باید استفاده شود (مطابق بند ۱۱-۳).

## ۸ تعیین ابعاد آزمون

### ۱-۸ طول

طول هر آزمون در امتداد هر خط مرجع با دقت  $\pm 1,0\%$  برای تعیین انطباق با بند ۶ اندازه‌گیری می‌شود. در صورت لزوم مقدار اضافی بریده یا جایگزینی آزمون در صورت عدم مطابقت انجام شود. متوسط طول (L) بر حسب متر، برای هر آزمون از شش مقدار اندازه‌گیری محاسبه می‌شود.

## ۲-۸ ضخامت دیواره

اندازه‌گیری ضخامت دیواره هر آزمون با دقت  $\pm 0.2$  mm در هر انتهای خط مرجع انجام می‌شود. متوسط ضخامت دیواره  $e$ ، بر حسب متر، از ۱۲ مقدار اندازه‌گیری شده محاسبه می‌شود.

## ۳-۸ متوسط قطر

اندازه‌گیری قطر با دقت  $\pm 0.5$  mm برای هر یک از موارد زیر انجام می‌شود:

الف) قطر داخلی آزمون،  $d_i$  بین هر جفت از خطوط مرجع مقابل در میانه طول اندازه‌گیری می‌شود (به عنوان مثال با استفاده از یک جفت کالیپر)، پس از آن محاسبه میانگین قطر داخلی، بر حسب متر، از شش مقادیر اندازه‌گیری انجام می‌شود.

ب) قطر خارجی آزمون،  $d_e$  بر حسب متر با استفاده از نوار فولادی دورسنج<sup>۱</sup> اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از معادله (۳) یا معادله (۴) متوسط قطر  $d_m$  آزمون (مطابق بند ۳-۳)، با استفاده از مقادیر به دست آمده ضخامت دیواره،  $e$ ، در بند ۲-۸ و همچنین متوسط قطر داخلی یا خارجی محاسبه می‌شود.

## ۹ تثبیت آزمون‌ها

در صورت نیاز، تثبیت آزمون‌ها مطابق استاندارد مرجع انجام می‌شود.

## ۱۰ روش کار

۱-۱۰ برای هر آزمون روش کار زیر را در دمای مشخص شده در استاندارد مرجع انجام دهید.  
۲-۱۰ سفتی حلقوی ویژه اولیه،  $S_0$ ، آزمون مطابق با استاندارد ملی شماره ۱۹۲۸۶ تعیین و ثبت کنید. از مقدار  $S_0$  اندازه‌گیری شده در یک جفت از خطوط مرجع برای تعیین "موقعیت ۱" استفاده کنید تا نیروی مورد نیاز برای فشرده‌سازی آزمون به تغییر شکل لازم در مدت ۳ min تخمین زده شود، مگر این که در استاندارد مرجع به صورت دیگری مشخص شده باشد، کرنش محاسبه شده (مطابق بنده ۳-۱۱) بین ۰.۱۳٪ و ۰.۱۷٪ است.

۳-۱۰ آزمون را در دستگاه در تماس با صفحه بالا و پایین یا تیرهای حایل و یک جفت از خطوط مرجع متقابل تعیین شده "موقعیت ۱" (مطابق با بند ۲-۱۰) به صورت عمودی هم‌تراز شده قرار دهید. اطمینان حاصل شود که تماس بین آزمون و هر صفحه یا تیر حایل تا حد امکان یکنواخت باشد و صفحه و / یا تیر حایل از پهلو کج نباشند. دستگاه را در ظرف آب قرار دهید.

۴-۱۰ ظرف را با آب به طوری که آزمون به طور کامل غوطه‌ور شود پر کنید.

۵-۱۰ وقتی آزمون به طور کامل در آب غوطه‌ور شد لازم است جرم صفحه یا تیر حایل بالایی در نظر گرفته شود، نیروی فشاری عمودی،  $F$ ، را اعمال کنید، نیروی عمودی را مطابق با بند ۲-۱۰ به صورتی تخمین زده شود که در کمتر از ۳ min به تغییر شکل مورد نیاز رسیده و نیروی واقعی اعمال شده و تغییر شکل به دست آمده را ثبت کنید.

۱۰-۶ در طول مدت آزمون نیرو را ثابت نگه‌دارید. اندازه‌گیری و ثبت را در کمتر از ۱ h بعد از اعمال نیرو شروع کرده و تا ۱۰۰۰۰ h در محدوده ۲٪ از مقدار اولیه ادامه دهید، تغییر شکل آزمون را در فواصل لگاریتمی زمانی پس از بارگذاری اندازه‌گیری کنید. فواصل باید طوری باشد که ده خوانش با فاصله تقریبی برابر برای هر دهه لگاریتم زمانی (زمان به حسب ساعت) گرفته شود.

یادآوری- در جدول الف-۱ پیوست الف مقادیر برابر لگاریتمی (زمان به حسب ساعت) افزایشی که ممکن است برای کاربر مفید باشد آمده است.

## ۱۱ محاسبات

### ۱-۱۱ برون‌یابی داده‌های تغییر شکل

اگر در استاندارد مرجع مشخص شده باشد با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از بند ۱۰-۶، نمودار لگاریتم تغییر شکل بر حسب تابعی از لگاریتم زمان رسم شود.

از تغییر شکل اندازه‌گیری شده و زمان متناظر بین ۱ h و تا ۱۰۰۰۰ h، برای هر آزمون، سفتی حلقوی ویژه تحت شرایط مرطوب، برای موقعیت ۱، با استفاده از معادله (۹) محاسبه شود.

$$S_{x, 1, creep, wet} = \frac{f \times F}{L \times y_{x, 1, wet}} \quad (9)$$

که در آن:

$S_{x, 1, creep, wet}$  سفتی خزشی حلقوی ویژه، بعد از x سال، بر حسب نیوتن بر متر مربع، در موقعیت ۱ تحت شرایط مرطوب؛  
 f ضریب تغییر شکل، که مقدار آن از معادله (۷) معین می‌شود:

$$f = [1860 + (2500 \times y_1 / d_m)] \times 10^{-5} \quad (7)$$

$y_{x, 1, wet}$  تغییر شکل، بر حسب متر، به دست آمده به‌وسیله اعمال نیروی ثابت بعد از x سال در موقعیت ۱ تحت شرایط مرطوب، تعیین شده مطابق بند ۱۰-۶؛

L متوسط طول آزمون، بر حسب متر؛

F نیرو، بر حسب نیوتن.

برای هر آزمون، سفتی را نسبت به داده‌های زمانی مطابق با استاندارد ISO 10928 تحلیل کنید.

### ۱۱-۲ محاسبه سفتی خزشی ویژه اولیه تحت شرایط مرطوب برای موقعیت ۱

از نتایج حاصل از تحلیل بند ۱۱-۱ استفاده کرده و سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند تحت شرایط مرطوب برای موقعیت ۱،  $S_{x, 1, creep, wet}$ ، برای x سال (مطابق بند ۳-۶) مشخص شده در استاندارد مرجع را محاسبه و گزارش کنید.

### ۱۱-۳ محاسبه ضریب خزشی مرطوب

برای هر آزمون، ضریب خزش مرطوب،  $\alpha_{x, creep, wet}$ ، را با استفاده از معادله (۶) محاسبه کنید.

هنگامی که ضریب خزش مرطوب،  $\alpha_{x, creep, wet}$ ، مطابق با این استاندارد تعیین شود ضریب خزش مرطوب اظهار شده باید از مقدار متوسط دو آزمون تعیین شود.

## ۱۲ گزارش آزمون

- گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:
- (الف) اشاره به شماره این استاندارد و استاندارد مرجع؛
- (ب) مشخصات کامل لوله آزمون شده؛
- (پ) تعداد آزمون‌ها؛
- (ت) ابعاد هر آزمون؛
- (ث) موقعیتی در لوله که آزمون از آن نمونه برداری شده؛
- (ج) سفتی حلقوی ویژه اولیه،  $S_0$ ، سفتی حلقوی ویژه اولیه در موقعیت ۱،  $S_{0,1}$ ، هر آزمون؛
- (چ) نیروی فشاری عمودی اعمال شده،  $F$ ، تغییر شکل خمشی اولیه دست یافته شده و کرنش اولیه، هر دو در ۳ min برای هر آزمون؛
- (ح) در صورت کاربرد، جزئیات هر آماده‌سازی (مطابق بند ۹)؛
- (خ) برای هر آزمون، چگونگی آب‌بندی انتهای بریده شده (مطابق بند ۶)؛
- (د) جزئیات تجهیزات، از جمله تیر حایل اعمال نیرو و/یا صفحات مورد استفاده، در صورت استفاده از تیر حایل عرض سطح صاف ذکر شود؛
- (ذ) دما و pH آب آزمون؛
- (ر) در صورتی که توسط استاندارد مرجع الزام باشد، برای هر آزمون نمودار تغییر شکل نسبت به زمان؛
- (ز) برای هر آزمون، سفتی خزشی حلقوی ویژه بلند مدت محاسبه شده در موقعیت ۱،  $S_{x,1, creep, wet}$ ؛
- (ژ) برای هر آزمون، ضریب خزش مرطوب،  $\alpha_{x,1, creep, wet}$ ؛
- (س) ضریب خزش مرطوب اظهار شده محاسبه شده (مطابق بند ۱۱-۳)؛
- (ش) شرحی از هر آزمون بعد از آزمون؛
- (ص) هر گونه عواملی که ممکن است روی نتایج اثر گذارد، مانند هر حادثه و یا هر گونه جزئیات عملیاتی در این استاندارد مشخص نشده؛
- (ض) برای هر آزمون، تاریخ و مدت دوره آزمون، بر حسب ساعت.

## پیوست الف

(اطلاعاتی)

### افزایش یکنواخت (زمان بر حسب ساعت) $\log$

جدول الف-۱ فواصل زمانی را بر حسب دقیقه، ساعت یا روز، مطابق افزایش یکنواخت پی در پی ۰/۱ بر حسب (زمان بر حسب ساعت)  $\log$  ارائه می‌دهد. این اطلاعات برای کمک به برنامه‌ریزی اندازه‌گیری تغییر شکل خمشی آزمون ارائه شده است.

### الف-۱ زمان شامل افزایش برابر (زمان بر حسب ساعت) $\log$

زمان			log(زمان بر حسب ساعت)	زمان			log(زمان بر حسب ساعت)
روز	ساعت	دقیقه		روز	ساعت	دقیقه	
۱۳/۱۸	۳۱۶	۱۸۹۷۴	۲/۵	۰/۰۴۲	۱	۶۰	۰/۰
۱۶/۵۹	۳۹۸	۲۳۸۸۶	۲/۶	۰/۰۵۲	۱/۳	۷۶	۰/۱
۲۰/۸۸	۵۰۱	۳۰۰۷۱	۲/۷	۰/۰۶۶	۱/۶	۹۵	۰/۲
۲۶/۲۹	۶۳۱	۳۷۸۵۷	۲/۸	۰/۰۸۳	۲/۰	۱۲۰	۰/۳
۳۳/۱۰	۷۹۴	۴۷۶۶۰	۲/۹	۰/۱۰۵	۲/۵	۱۵۱	۰/۴
۴۱/۷	۱۰۰۰	۶۰۰۰۰	۳/۰	۰/۱۳۲	۳/۲	۱۹۰	۰/۵
۵۲/۵	۱۲۵۹	۷۵۵۳۶	۳/۱	۰/۱۶۶	۴/۰	۲۳۹	۰/۶
۶۶/۰	۱۵۸۵	۹۵۰۹۴	۳/۲	۰/۲۰۹	۵/۰	۳۰۱	۰/۷
۸۳/۱	۱۹۹۵	۱۱۹۷۱۶	۳/۳	۰/۲۶۳	۶/۳	۳۷۹	۰/۸
۱۰۴/۷	۲۵۱۲	۱۵۰۷۱۳	۳/۴	۰/۳۳۱	۷/۹	۴۷۷	۹/۰
۱۳۱/۸	۳۱۶۲	۱۸۹۷۳۷	۳/۵	۰/۴۲	۱۰	۶۰۰	۱/۰
۱۶۵/۹	۳۹۸۱	۲۳۸۸۶۴	۳/۶	۰/۵۲	۱۳	۷۵۵	۱/۱
۲۰۸/۸	۵۰۱۲	۳۰۰۷۱۲	۳/۷	۰/۶۶	۱۶	۹۵۱	۱/۲
۲۶۲/۹	۶۳۱۰	۳۷۸۵۷۴	۳/۸	۰/۸۳	۲۰	۱۱۹۷	۱/۳
۳۳۱/۰	۷۹۴۳	۴۷۶۵۹۷	۳/۹	۱/۰۵	۲۵	۱۵۰۷	۱/۴
۴۱۶/۷	۱۰۰۰۰	۶۰۰۰۰۰	۴/۰	۱/۳۲	۳۲	۱۸۹۷	۱/۵
۵۲۴/۶	۱۲۵۸۹	۷۵۵۳۵۵	۴/۱	۱/۶۶	۴۰	۲۳۸۹	۱/۶
۶۶۰/۴	۱۵۸۴۹	۹۵۰۹۳۶	۴/۲	۲/۰۹	۵۰	۳۰۰۷	۱/۷
۸۳۱/۴	۱۹۹۵۳	۱۱۹۷۱۵۷	۴/۳	۲/۶۳	۶۳	۳۷۸۶	۱/۸
۱۰۴۶/۶	۲۵۱۱۹	۱۵۰۷۱۳۲	۴/۴	۳/۳۱	۷۹	۴۷۶۶	۱/۹
۱۳۱۷/۶	۳۱۶۲۳	۱۸۹۷۳۶۷	۴/۵	۴/۱۷	۱۰۰	۶۰۰۰	۲/۰
۱۶۵۸/۸	۳۹۸۱۱	۲۳۸۸۶۴۳	۴/۶	۵/۲۵	۱۲۶	۷۵۵۴	۲/۱
۲۰۸۸/۳	۵۰۱۱۹	۳۰۰۷۱۲۳	۴/۷	۶/۶۰	۱۵۸	۹۵۰۹	۲/۲
۲۶۲۹/۰	۶۳۰۹۶	۳۷۸۵۷۴۴	۴/۸	۸/۳۱	۲۰۰	۱۱۹۷۲	۲/۳
۳۳۰۹/۷	۷۹۴۳۳	۴۷۶۵۹۶۹	۴/۹	۱۰/۴۷	۲۵۱	۱۵۰۷۱	۲/۴