



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۱۴۳۹

چاپ اول

**ISIRI**

11439

1st. edition

پلاستیک ها - لوله های پلاستیکی گرمانرم -  
تعیین نسبت خزش - روش آزمون

**Plastics – Thermoplastics pipes –  
Determination of creep ratio – Test method**

ICS: 83.080

## به نام خدا

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\* 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 ذیصلاح 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 شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بینالمللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه 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 سا زمانها 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، مؤسسه استاندارد 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 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 مؤسسه است.

\* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 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

«پلاستیک ها - لوله های پلاستیکی گرمانرم- تعیین نسبت خزش- روش آزمون»

### رئیس:

سمت و/ یا نمایندگی  
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

معصومی، محسن  
(دکترای مهندسی پلیمر)

### دبیر:

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مقامی، محمد تقی  
(فوق لیسانس شیمی)

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت جهاد زمزم

احمدی، زاهد  
(دکترای مهندسی پلیمر)

انجمن لوله و اتصالات پلی اتیلن

اوجاکی، حمیدرضا  
(لیسانس زبان انگلیسی)

شرکت صنایع پی وی سی ایران

بهمن، صفرعلی  
(لیسانس شیمی کاربردی)

شرکت ساوه صنعت بسیار

خاکپور، مازیار  
(دکترای مهندسی پلیمر)

شرکت آب حیات

شبستری، سینا  
(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

شرکت دلساگستر

شفیعی، سعید  
(دکترای مهندسی پلیمر)

شرکت گسترش پلاستیک

عیسی زاده، احسانعلی  
(لیسانس مهندسی پلیمر)

شرکت اورامان غرب

فاروقی، آرمان  
(لیسانس مهندسی صنایع)

شرکت نوآوران بسپار

کوشکی، امید  
(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

www.parsethylene-kish.com

فهرست مندرجات ..... صفحه

ز	پیش گفتار .....
ز	۰ - مقدمه .....
۱	۱ - هدف و دامنه کاربرد .....
۱	۲- مراجع الزامی .....
۱	۳- نمادها .....
۲	۴ - اصول روش .....
۲	۵ - وسایل لازم .....
۳	۶ - آزمون‌ها .....
۶	۷ - شرایط تثبیت آزمون .....
۶	۸ - روش آزمون .....
۷	۹ - محاسبه نسبت خزش .....
۱۰	۹ - گزارش آزمون .....
۱۲	۱۰ - پیوست الف (اطلاعاتی) - خزش در مواد پلاستیکی .....

## پیش‌گفتار

استاندارد " پلاستیک‌ها - لوله‌های پلاستیکی گرم‌انرم - تعیین نسبت خزش - روش آزمون " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد شیمیایی و پلیمر مورخ ۱۳۸۷/۱۲/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 9967: 2007, Thermoplastics pipes – Determination of creep ratio

تجربه نشان داده است که هنگامی که یک لوله با آیین نامه کاری مناسب در زمین کارگذاری می شود، افزایش تغییر شکل آن پس از مدت کوتاهی متوقف می شود. این بازه ی زمانی به شرایط خاک و کارگذاری بستگی دارد؛ ولی معمولاً بیشتر از دو سال نیست.

بنابراین، هنگام انجام محاسبات استاتیک بلند مدت، نسبت خزش دوساله که مطابق با این استاندارد تعیین می شود، مورد استفاده قرار می گیرد.

تئوری خزش در مواد پلاستیکی گرمانرم به طور خلاصه در پیوست الف توضیح داده شده است. در آزمایشات، آزمون می تواند بر مبنای عمرهای متفاوتی از آزمون ها، سایر دماهای آزمون یا سایر بازه های زمانی آزمون انجام شود.

## پلاستیک ها -لوله های پلاستیکی گرمانرم- تعیین نسبت خزش - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه ی روشی برای تعیین نسبت خزش لوله های پلاستیکی گرمانرم با سطح مقطع دایره ای است.

### ۲ مراجع الزامی

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

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۳۶: سال ۱۳۸۸، پلاستیک ها - لوله های پلاستیکی گرمانرم-تعیین سفتی حلقوی- روش آزمون

2- ISO 3126, Plastics piping systems - Plastics components - Determination of dimensions

### ۳ نمادها

در این استاندارد، نمادهای زیر استفاده می شود.

واحد		
mm	قطر اسمی لوله	$d_n$
mm	قطر داخلی آزمون لوله	$d_i$
kN	نیروی بارگذاری	F
N	نیروی بارگذاری اولیه	$F_0$
mm	طول آزمون	L
mm	تغییر شکل محاسبه شده در زمان t	$Y_t$
$kN/m^2$	تغییر شکل برون یابی شده به دو سال	$Y_2$
mm	تغییر شکل عمودی مورد استفاده برای تعیین نیروی بارگذاری	$\delta$
	نسبت خزش	$\gamma$



#### ۴ اصول روش

طول بریده شده ای از لوله بین دو صفحه تخت افقی موازی قرار داده می شود و یک نیروی فشرده سازی ثابت به مدت ۱۰۰۸ ساعت (۴۲ روز) اعمال می شود.

تغییر شکل لوله در بازه های زمانی مشخص ثبت می شود؛ به طوری که بتوان منحنی تغییر شکل را برحسب زمان رسم کرد. خطیت داده ها تحلیل می شود و نسبت خزش به صورت نسبت بین "مقدار تغییر شکل برون یابی شده به دو سال" و "مقدار اندازه گیری شده در ۶ دقیقه (۰/۱ ساعت)" محاسبه می گردد.

**یادآوری** - فرض می شود که در صورت لزوم، در استاندارد مرجعی که به این استاندارد ارجاع داده، دمای آزمون مشخص شده است (زیربند ۸-۱ دیده شود).

#### ۵ وسایل لازم

##### ۵-۱- دستگاه آزمون فشردگی

این دستگاه باید توانایی اعمال نیروی بارگذاری اولیه ( $F_0$ ) (زیربند ۸-۴) و نیز نیروی بارگذاری لازم (F) (زیربند ۸-۵) روی لوله از طریق صفحات (زیربند ۵-۲) و حفظ این نیروها در محدوده ۱ درصد را داشته باشد.

نیرو می تواند مستقیم یا غیر مستقیم، مثلاً با استفاده از یک آرایش بازوی اهرم، وارد شود.

##### ۵-۲- یک جفت صفحه سخت وصلب

این صفحات باید به گونه ای باشند که دستگاه آزمون بتواند نیروی فشرده سازی را از طریق آن‌ها به آزمون وارد کند.

سطوح صفحات برای تماس با آزمون باید تخت، صاف و تمیز باشد.

طول هر صفحه باید حداقل برابر با طول آزمون باشد. عرض صفحه نباید کمتر از "عرض سطح تماس با آزمون" تحت بار بعلاوه ۲۵ میلی متر" باشد.

##### ۵-۳- وسایل اندازه گیری ابعاد

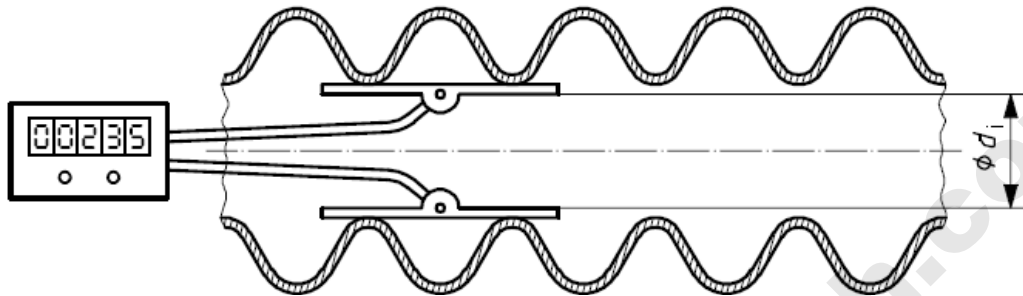
این وسایل باید توانایی تعیین موارد زیر را داشته باشند:

الف- مقادیر طول هر آزمون در محدوده ۱ میلی متر (زیربند ۶-۲ دیده شود)؛

ب- قطر داخلی هر آزمون در محدوده ۰/۱ میلی متر یا ۰/۲ درصد قطر داخلی لوله، هرکدام که بزرگتر است؛

پ- تغییر قطر داخلی هر آزمون در جهت بارگذاری با دقت ۰/۱ میلی متر یا ۱ درصد تغییر شکل، هرکدام که بزرگتر است.

تغییر در قطر داخلی می تواند داخل لوله اندازه گیری شود، یا از حرکت صفحه بالایی تعیین شود. در صورت اختلاف نظر، قطر داخلی به عنوان مرجع استفاده می شود.  
مثالی از ابزار اندازه گیری قطر داخلی لوله کنگره دار<sup>۱</sup> در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مثالی از ابزار اندازه گیری قطر داخلی لوله کنگره دار

#### ۵-۴- زمان سنج

این وسیله باید توانایی تعیین اولین ۶ دقیقه را در محدوده ۱ ثانیه و بقیه زمان ها را در محدوده ۰/۱ درصد داشته باشد (زیربندهای ۵-۸ و ۶-۸ دیده شود).

#### ۶ آزمونه ها

##### ۶-۱ نشانه گذاری و تعداد آزمونه ها

قسمت بیرونی لوله ای که نسبت خزشش می بایست تعیین شود، با ترسیم خطی در امتداد یک خط مولد روی کل طولش، باید نشانه گذاری شود. سه آزمونه a، b و c به ترتیب از این لوله نشانه گذاری شده طوری انتخاب می شود که دو انتهای این آزمونه ها بر محور لوله عمود بوده و طول های آنها مطابق با زیربند ۶-۲ باشد.

##### ۶-۲ طول آزمونه ها

۶-۲-۱ طول هر آزمونه از طریق محاسبه میانگین حسابی ۳ تا ۶ اندازه گیری طول، که در فواصل مساوی دور لوله انجام می گیرد، مطابق جدول ۱ تعیین می شود. طول هر آزمونه باید با زیربند ۶-۲، ۳-۲، ۶-۲ یا ۴-۲ بر حسب کاربرد، مطابق باشد.

هریک از ۳ تا ۶ اندازه گیری طول باید در محدوده ۱ میلی متر تعیین شود.

برای هر آزمونه، کوچکترین مقدار ۳ تا ۶ اندازه گیری نباید کمتر از ۰/۹ برابر بزرگترین اندازه گیری طول باشد.

جدول ۱- تعداد اندازه گیری‌های طول

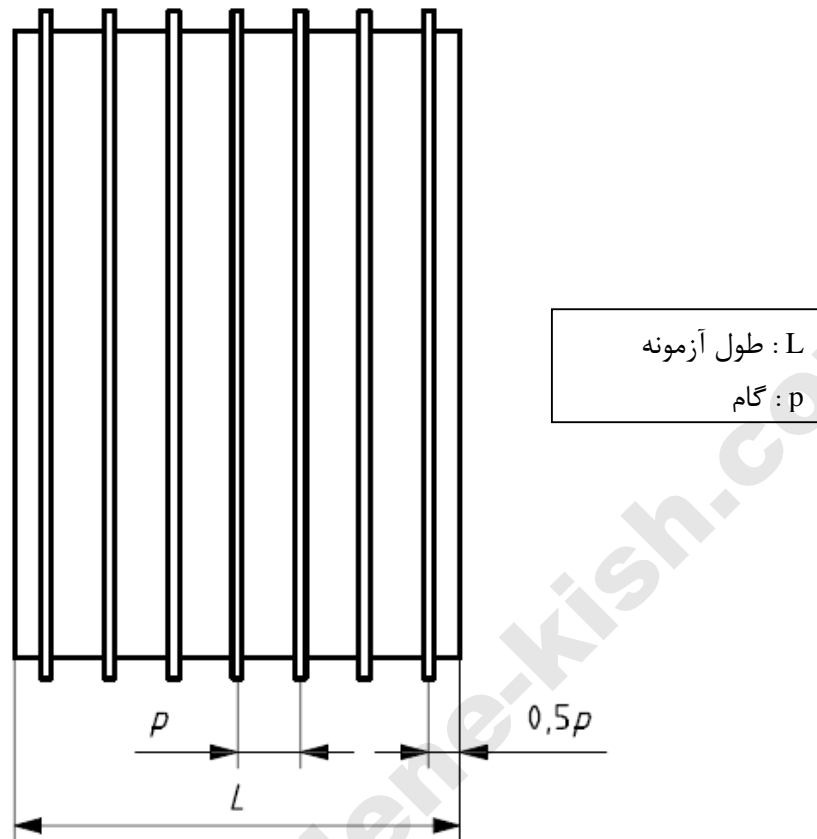
تعداد اندازه گیری‌های طول	قطر اسمی لوله ( $d_n$ )، mm
۳	$d_n \leq 200$
۴	$200 < d_n < 500$
۶	$d_n \geq 500$

۲-۲-۶ برای لوله‌های با قطر کوچکتر یا مساوی با ۱۵۰۰ میلی‌متر، میانگین طول هر نمونه ( $300 \pm 10$ ) میلی‌متر می‌باشد.

۳-۲-۶ برای لوله‌های با قطر بزرگتر از ۱۵۰۰ میلی‌متر، میانگین طول هر نمونه، برحسب میلی‌متر،  $0.2d_n$  می‌باشد.

۴-۲-۶ لوله‌های با دیواره ساختمند<sup>۱</sup> دارای دندان‌ها، کنگره‌ها یا سایر سازه‌های منظم باید طوری بریده شوند که هر نمونه شامل عدد صحیحی از دندان‌ها، کنگره‌ها یا سایر سازه‌ها شود. برش‌ها باید در نقطه میانی بین دندان‌ها، کنگره‌ها یا سایر سازه‌ها انجام گیرد.

طول نمونه‌ها باید حداقل عدد صحیح از دندان‌ها، کنگره‌ها یا سایر سازه‌ها باشد؛ به طوری که برای لوله‌های با قطر کوچکتر یا مساوی با ۱۵۰۰ میلی‌متر، منجر به طول ۲۹۰ میلی‌متر یا بزرگتر و برای لوله‌های با قطر بزرگتر از ۱۵۰۰ میلی‌متر، منجر به طول  $0.2d_n$  یا بزرگتر شود.



شکل ۲- آزمون بریده شده از لوله دارای دندان عمودی

۶-۲-۵ لوله های با دیواره ساختمند دارای دندان ها، کنگره ها یا سایر سازه های منظم حلزونی (مارپیچی)<sup>۱</sup> باید طوری بریده شوند که طول آزمون ها برابر با قطر داخلی  $\pm 20$  میلی متر باشد؛ ولی این طول نباید کوچکتر از ۲۹۰ میلی متر و بزرگتر از ۱۰۰۰ میلی متر شود.

### ۶-۳ قطر داخلی آزمون ها

قطرهای داخلی  $d_{ia}$ ،  $d_{ib}$  و  $d_{ic}$  مربوط به سه آزمون a، b و c (زیربند ۶-۱ دیده شود)، باید با یکی از روش های زیر تعیین شود:

الف- میانگین حسابی چهار اندازه گیری در فواصل  $45^\circ$  ای یک سطح مقطع در میانه طول، به طوری که هر اندازه گیری در محدوده ۰/۱ میلی متر یا ۰/۲ درصد قطر داخلی (هرکدام که بزرگتر است) تعیین شود.

ب- اندازه گیری در سطح مقطع قرار گرفته در میانه طول با استفاده از یک نوار  $\pi$  مطابق با استاندارد ISO 3126 انجام می گیرد.

مقدار محاسبه یا اندازه گیری شده قطر داخلی برای هر آزمون a، b و c باید به ترتیب بصورت  $d_{ia}$ ،  $d_{ib}$  و  $d_{ic}$  ثبت شود.

مقدار میانگین این سه مقدار محاسبه شده ( $d_i$ ) باید با استفاده از معادله (۱) محاسبه شود:

$$d_i = \frac{d_{ia} + d_{ib} + d_{ic}}{3} \quad (1)$$

#### ۴-۶ طول عمر آزمون ها

در شروع آزمون، مطابق با بند ۷، عمر آزمون ها باید  $(2 \pm 21)$  روز باشد.

#### ۷ شرایط تثبیت آزمون

آزمون ها باید مطابق با بند ۷، حداقل ۲۴ ساعت قبل از آزمون، در هوا و در دمای آزمون قرار داده شوند (زیربند ۸-۱ دیده شود).

#### ۸ روش آزمون

۸-۱ جز در مواردی که در استاندارد مرجع چیز دیگری قید شده باشد، روال زیر در دمای  $(2 \pm 23)^\circ C$  انجام شود. در برخی از کشورها،  $(2 \pm 27)^\circ C$  به عنوان دمای استاندارد آزمایشگاهی لحاظ می شود.

در صورت اختلاف نظر، دمای  $(2 \pm 23)^\circ C$  باید استفاده شود.

۸-۲ اگر بتوان تشخیص داد که آزمون در کدام وضعیت دارای کمترین سفتی حلقوی است، آزمون اول (a) در آن وضعیت در دستگاه بارگذاری قرار داده شود.

در غیر این صورت، آزمون اول به روشی در دستگاه قرار داده شود که خط نشانه گذاری شده (زیربند ۷-۱) در تماس با صفحه موازی بالایی قرار گیرد.

در دستگاه بارگذاری، دو آزمون دیگر (b و c) نسبت به وضعیت آزمون اول به ترتیب به میزان  $120^\circ$  و  $240^\circ$  چرخانده شوند و در دستگاه قرار گیرند.

۸-۳ برای هر آزمون، تغییر شکل سنج ضمیمه شود و وضعیت زاویه ای آزمون نسبت به صفحه بالایی بررسی شود.

۸-۴ صفحه بارگذاری پایین آورده شود؛ تا زمانی که با بخش بالایی آزمون تماس یابد.

یکی از نیروهای بارگذاری اولیه<sup>۱</sup> ( $F_0$ ) زیر، برحسب کاربرد، اعمال شود. در صورتی که این نیرو از معادله (۲) محاسبه می شود تا عدد صحیح بزرگتر بعدی گرد شود. در صورت کاربرد، جرم صفحه بارگذاری لحاظ شود.

الف- برای لوله های با قطر داخلی کوچکتر از ۱۰۰ میلی متر،  $F_0$  باید  $7/5 N$  باشد؛

ب- برای لوله های با قطر داخلی بزرگتر از ۱۰۰ میلی متر،  $F_0$  باید از معادله (۲) محاسبه شده و نتیجه در صورت لزوم تا عدد صحیح بزرگتر بعدی گرد شود:

$$F_0 = 250 \times 10^{-6} d_n \times L \quad (2)$$

که در آن:

$F_0$ ، نیروی بارگذاری اولیه، برحسب نیوتن؛

$d_n$ ، قطر اسمی لوله، برحسب میلی متر؛

$L$ ، طول واقعی آزمون، برحسب میلی متر است.

نیروی بارگذاری اعمال شده، باید بین ۹۵ درصد و ۱۰۰ درصد نیروی محاسبه شده باشد.

۵-۸ پس از ۵ دقیقه اعمال نیروی بارگذاری اولیه ( $F_0$ )، تغییر شکل سنج روی صفر تنظیم شود و افزایش نیروی فشرده سازی وارد بر آزمون آغاز شود به طوری که بتوان پس از ۲۰ تا ۳۰ ثانیه، به نیروی بارگذاری  $F$  رسید. نیروی  $F$  باید طوری انتخاب شود که نسبت تغییرشکل آزمون پس از ۳۶۰ ثانیه (۶ دقیقه)،  $(1/5 \pm 0/2)$  درصد شود. یعنی:

$$\frac{\delta}{d_i} = 0.015 \pm 0.002 \quad (3)$$

در لحظه رسیدن به نیروی کامل  $F$ ، زمان سنج راه اندازی شود.

۶-۸ تغییر شکل اولیه ( $y_0$ )، ۶ دقیقه پس از اعمال بار کامل تعیین شود. سپس تغییر شکل پس از اعمال بار کامل، بعد از ۱، ۴، ۲۴، ۱۶۸، ۳۳۶، ۶۰۰، ۶۹۶، ۸۴۰ و ۱۰۰۸ ساعت تعیین شود. اگر مقدار  $y_0$  خارج از محدوده های مشخص شده در زیربند ۵-۸ باشد، آزمایش قطع شود، آزمون به مدت حداقل یک ساعت تثبیت مجدد شود و آزمون دوباره مطابق با زیربند ۳-۸ انجام شود. جایی که خواندن اندازه های تغییرشکل در زمان های مناسب بین ۵۰۰ ساعت و ۱۰۰۸ ساعت ممکن نباشد، انحراف تا  $\pm 24$  ساعت مجاز است؛ مشروط بر آنکه زمان واقعی اندازه گیری، در رسم نمودار مطابق با بند ۹ استفاده گردد.

مثال - بجای خوانش در ۸۴۰ ساعت، تغییر شکل در ۸۶۲ ساعت خوانده می شود. در این حالت، مقدار ۸۶۲ ساعت در تحلیل رگرسیون استفاده می شود.

یادآوری - در صورتی که آزمایش خزش در روز شنبه یا یکشنبه شروع شود، با تعطیلات آخر هفته تداخل نخواهد داشت.

## ۹ محاسبه نسبت خزش

۱-۹ برای هر یک از سه آزمون، تغییر شکل (متر) برحسب لگاریتم زمان (ساعت) روی یک سیستم مختصات نیمه لگاریتمی (شکل ۳) رسم شود؛ و از طریق رگرسیون خطی بین تمام ۱۱ نقطه، ۱۰ نقطه آخر، ۹ نقطه آخر، ... و ۵ نقطه آخر (جدول ۲)، معادله خط راست زیر تعیین شود:

$$Y_t = B + M \log t \quad (4)$$

ثوابت  $B$  و  $M$  و ضریب همبستگی  $R$  با استفاده از معادلات (۵) تا (۷)، یعنی روش حداقل مربعات، تعیین می شوند:

$$M = \frac{N \sum x_i y_i - \sum y_i \sum x_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (5)$$

$$B = \frac{\sum y_i - M \sum x_i}{N} \quad (6)$$

$$R = \left[ \frac{N(\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i)}{N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2} \right]^{1/2} \quad (7)$$

که در آن:

B، تغییر شکل تئوری در یک ساعت، بر حسب میلی متر؛

M، ضریب شیب؛

N، تعداد نقاط روی منحنی تغییر شکل که برای رگرسیون خطی استفاده شده؛

R، ضریب همبستگی (اگر مقدار R بین ۰/۹۹ و ۱/۰۰ باشد، فرض می شود که نقاط رسم شده روی یک خط راست قرار دارند)؛

$Y_2$ ، تغییر شکل برون یابی شده به دو سال (۱۷۲۵۰ ساعت)، بر حسب میلی متر؛

$t_i$ ، زمان در i امین نقطه؛

$x_i = \log(t_i)$ ، لگاریتم زمان در i امین نقطه، یعنی

$y_i$ ، تغییر شکل کل اندازه گیری شده در زمان  $t_i$ .

با استفاده از هفت معادله  $Y_t = B + M \log t$ ، بدست آمده برای آزمون مشخص، تغییر شکل برون یابی شده به دو سال محاسبه شود ( $Y_2(t = 2 \text{ سال} = 17250 \text{ ساعت})$  (جدول ۲ دیده شود).

برای تغییر شکل پس از ۲ سال ( $Y_2$ )، بالاترین مقدار محاسبه شده  $Y_2$  انتخاب شود؛ که این مقدار همراه با ضریب همبستگی (R) ۰/۹۹۹ یا بالاترین ضریب همبستگی بین ۰/۹۹۰ و ۰/۹۹۹ می باشد.

در صورتی که بالاترین مقدار ضریب همبستگی کمتر از ۰/۹۹۰ باشد، زیربند ۹-۳ دیده شود.

با تعیین  $Y_2$ ، نسبت خزش برای هر یک از ۳ آزمون با استفاده از معادلات (۸) تا (۱۰) محاسبه شود:

$$\gamma_a = \frac{Y_{2a} \left( 0.0186 + 0.025 \frac{y_{0a}}{d_i} \right)}{y_{0a} \left( 0.0186 + 0.025 \frac{Y_{2a}}{d_i} \right)} \quad (8)$$

$$\gamma_b = \frac{Y_{2b} \left( 0.0186 + 0.025 \frac{y_{0b}}{d_i} \right)}{y_{0b} \left( 0.0186 + 0.025 \frac{Y_{2b}}{d_i} \right)} \quad (9)$$

$$\gamma_c = \frac{Y_{2c} \left( 0.0186 + 0.025 \frac{y_{0c}}{d_i} \right)}{y_{0c} \left( 0.0186 + 0.025 \frac{Y_{2c}}{d_i} \right)} \quad (10)$$

نسبت خزش لوله، میانگین حسابی سه مقدار محاسبه شده با استفاده از معادله (۱۱) می باشد:

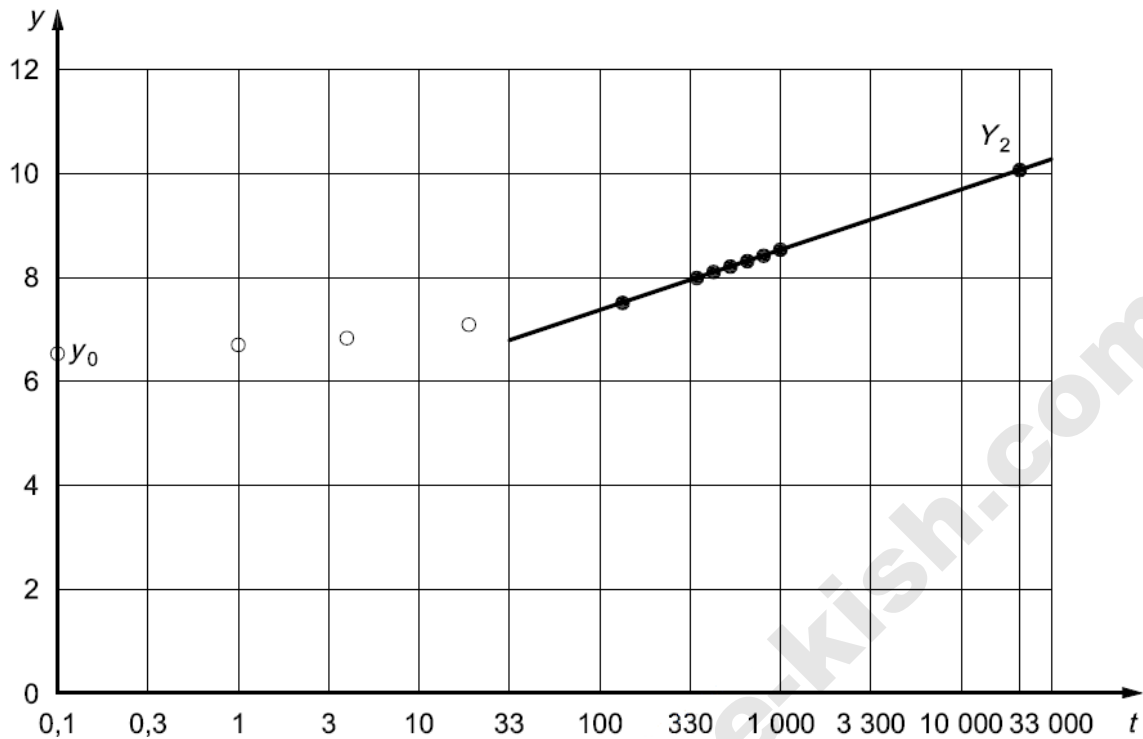
$$\gamma = \frac{\gamma_a + \gamma_b + \gamma_c}{3} \quad (11)$$

**مثال** - محاسبه خزش: مثالی از مجموعه داده های تغییرشکل-زمان برای یک آزمون در جدول ۲ داده شده است. برای دامنه های مختلف داده ها در ستون چهارم، که نشانگر نقاطی است که در تحلیل رگرسیون استفاده شده اند، مقادیر  $R$ ،  $B$ ،  $M$  و  $Y_2$  نیز در جدول ۲ ارائه گردیده است. نمودار حاصل در شکل ۳ نشان داده شده است؛ که مطابق با این زیربند،  $Y_2$  بر مبنای مجموعه ای از حداقل ۵ نقطه است، که برای این مجموعه  $R$  دارای بالاترین مقدار بزرگتر از ۰/۹۹۰ می باشد.

جدول ۲- داده های متناظر با شکل ۳

شماره نقطه	زمان، ساعت	$Y_t$ ، mm	دامنه نقاط	M	B	R	$Y_2$
۱	۰/۱	۶/۵۳	۱ تا ۱۱	۰/۵۰۵	۶/۶۸۳	۰/۹۵۱	۸/۸۲۵
۲	۱	۶/۶۵	۲ تا ۱۱	۰/۶۱۱	۶/۴۲۵	۰/۹۶۷	۹/۰۱۷
۳	۴	۶/۷۸	۳ تا ۱۱	۰/۷۰۹	۶/۱۷۳	۰/۹۷۲	۹/۱۷۹
۴	۲۴	۷/۰۲	۴ تا ۱۱	۰/۸۸۵	۵/۶۹۹	۰/۹۸۲	۹/۴۳۶
۵	۱۶۸	۷/۵۳	۵ تا ۱۱	۱/۱۹۵	۴/۸۴۵	۰/۹۹۷	۹/۹۱۴
۶	۳۳۶	۷/۸۵	۶ تا ۱۱	۱/۲۹۹	۴/۵۵۰	۰/۹۹۷	۱۰/۰۶۰
۷	۵۰۴	۸/۰۵	۷ تا ۱۱	۱/۴۱۰	۴/۲۲۸	۰/۹۹۸	۱۰/۲۱۱
۸	۶۰۰	۸/۱۳					
۹	۶۹۶	۸/۲۳					
۱۰	۸۶۴	۸/۳۸					
۱۱	۱۰۰۸	۸/۴۶					





t : زمان (h)  
 y : تغییر شکل (mm)  
 y<sub>0</sub> : تغییر شکل اولیه  
 Y<sub>2</sub> : تغییر شکل برون یابی شده به دو سال

شکل ۳- نمودار تغییر شکل-زمان برای یک آزمونه

۲-۹ در برخی از روشهای محاسبه، مقادیر ۵۰ سال نیز مور نیاز است. با استفاده از روال مشخص شده در زیربند ۹-۱، با قرار دادن ۵۰ سال (۴۳۸۰۰۰ ساعت) در معادله بجای ۲ سال، مقدار تغییر شکل پس از ۵۰ سال ( $Y_{50}$ ) می تواند محاسبه شود.

۳-۹ اگر حتی با استفاده از حداقل ۵ نقطه در تحلیل رگرسیون نتوان به ضریب همبستگی بزرگتر از ۰/۹۹۰ برای هیچ یک از سه آزمونه رسید، آزمون برای هر سه آزمونه با اندازه گیری تغییر شکل در ۱۲۰۰، ۱۴۰۰، ۱۶۸۰، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰، ۲۸۱۸، ۳۴۰۰ یا ۴۰۰۰ ساعت (در هر وضعیت،  $\pm 24$  ساعت) ادامه می یابد؛ یا آزمون آنقدر ادامه می یابد تا بتوان در پنج اندازه گیری آخر به ضریب همبستگی بالای ۰/۹۹۰ رسید، هر کدام که زودتر رخ دهد.

### ۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- شماره این استاندارد و شماره استاندارد ویژگی ها؛

- ب- مشخصات کامل لوله پلاستیکی گرمانرم (تولیدکننده، نوع ماده، نوع لوله، ابعاد، سفتی اسمی یا رده فشاری، تاریخ تولید، طول ازمونه ها، جرم هر متر طول لوله)؛
- پ- دمای آزمون برحسب درجه سلسیوس؛
- ت- نیروی بارگذاری اولیه؛
- ث- نمودار نیرو-تغییرشکل برای هر آزمون؛
- ج- در صورت لزوم، نیرو و تغییرشکلی که در آن هریک از رویدادهای اشاره شده در زیربند ۸-۲ رخ دهد؛
- چ- تغییرشکل و نیرو در نقطه حداکثر، در صورتی که یک حداکثر رخ دهد؛
- ح- معادلات  $Y_t = B + M \log t$  مورد استفاده در برون یابی به "تغییرشکل پس از دو سال" برای سه آزمون؛
- خ- ضریب همبستگی در هر حالت؛
- د- نقاط مورد استفاده در تحلیل رگرسیون خطی؛
- ذ- مقادیر محاسبه شده  $\gamma_a$ ،  $\gamma_b$  و  $\gamma_c$ ؛
- ر- مقدار محاسبه شده نسبت خزش ( $\gamma$ )، گرد شده تا دو رقم اعشار؛
- ز- هر عاملی که می تواند بر نتایج اثر گذارد، از قبیل هرگونه رویداد یا جزئیات عملیاتی، که در این استاندارد به آن اشاره نشده است؛
- ژ- تاریخ انجام آزمون.

**پیوست الف**  
**(اطلاعاتی)**  
**خزش در مواد پلاستیکی**

**الف-۱** لوله های پلاستیکی که در معرض بار ثابت قرار دارند هنگام کارگذاری در زمین دچار تغییر شکل اولیه می شوند؛ که این تغییر شکل با استفاده از سفتی لوله تخمین زده می شود. این سفتی ( $S$ ) برحسب کیلونیوتن بر متر مربع بیان شده و با استفاده از روش آزمون توصیف شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۴۳۶: سال ۱۳۸۸، و با استفاده از معادله (الف-۱) تعیین می شود:

$$S = \left( 0.0186 + 0.025 \frac{y}{d_i} \right) \frac{F}{Ly} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

$F$ ، نیروی مورد نیاز برای بدست آوردن تغییر شکل (لازم)، برحسب کیلونیوتن؛

$L$ ، طول حلقه آزمون، برحسب متر؛

$y$ ، تغییر شکل حلقه آزمون، برحسب متر.

سفتی حلقه ای از لوله با سطح مقطع ثابت را همچنین می توان با استفاده از خواص مواد و عوامل هندسی، از معادله (الف-۲) به دست آورد:

$$S = \frac{EI}{D^3} \quad (\text{الف-۲})$$

که در آن:

$E$ ، مدول الاستیسیته؛

$I$ ، ممان اینرسی؛

$D$ ، میانگین قطر حلقه آزمون.

لوله های پلاستیکی در معرض بار ثابت در یک آزمون آزمایشگاهی، علاوه بر تغییر شکل اولیه، با گذشت زمان از خود تغییر شکلی در حال افزایش نشان می دهند. این تغییر شکل ناشی از خزش ماده است.

**الف-۲** مواد پلاستیکی در مقیاس ملکولی از تعداد زیادی زنجیرهای بلند ساخته شده اند. هنگامی که نیرویی به ماده وارد می گردد، زنجیرها بلافاصله خودشان را تغییر شکل می دهند و در ماده تغییر شکل اولیه رخ می دهد.

هنگامی که ماده در معرض باری ثابت قرار می گیرد، زنجیرها تحت تأثیر آن بار نسبت به یکدیگر حرکت می کنند و باعث بروز خزش می شوند: تغییر شکلی مدام در حال افزایش. ساختار زنجیرها تغییر نمی کند؛ بنابراین، هنگامی که بار افزایش می یابد، ماده هنوز همان واکنش فوری را نشان می دهد، که در حین اعمال بار ثابت نشان می داد.

**الف-۳** برای مقاصد طراحی، دانستن تغییر شکل لوله بلافاصله پس از کارگذاری و بلندمدت الزامی است. تخمینی از تغییر شکل اولیه را می توان با استفاده از سفتی لوله ( $S$ ) بدست آورد.

یادآوری - درعمل، سفتی اسمی (SN) را می توان استفاده نمود.

برآوردی کلی از تغییرشکل (تئوری) بلندمدت تحت بار ثابت، با استفاده از سفتی انتهایی مماسی ویژه (STES)<sup>1</sup> لوله، با درنظر گرفتن رفتار مواد احاطه کننده لوله، قبلا محاسبه شده است. STES، سفتی بلندمدت است؛ که از جایگزین کردن مدول خزشی (مدول ظاهری) ماده بجای مدول الاستیسیته در معادله (الف-۲) بدست می آید. یعنی، STES، حاصل تقسیم مدول اولیه ماده بر نسبت خزش ( $\gamma$ ) می باشد:

$$[\text{STES}] = \frac{S}{\gamma} \quad (\text{الف-۳})$$

این رویکرد منجر به این تعبیر می شود که مدول الاستیسیته با زمان کاهش خواهد یافت؛ که مناسب بودن پلاستیک ها برای لوله های مدفون را زیر سؤال می برد.

به منظور اجتناب از این اشتباه، روش بهتر برای محاسبه، استفاده از نسبت خزش ( $\gamma$ ) محاسبه شده با استفاده از معادله (الف-۴) است:

$$\gamma = \frac{Y_2 \left( 0.0186 + 0.025 \frac{y_0}{d_i} \right)}{y_0 \left( 0.0186 + 0.025 \frac{Y_2}{d_i} \right)} \quad (\text{الف-۴})$$