INSO
13065
1st Revision
2023
Modification of
ISO 13479:
2022

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

استاندارد ملی ایران
۱۳۰۶۵
تجدیدنظر اول
۱۴۰۱

لوله‌های پلی‌اولفینی برای انتقال سیالات- تعیین مقاومت در برابر انتشار ترک- روش آزمون برای رشد آهسته ترک روی لوله‌های شکاف‌دار

Polyolefin pipes for the conveyance of fluids - Determination of resistance to crack propagation - Test method for slow crack growth on notched pipes

ICS:23.040.20

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.org.ir

وبگاه: http://www.inso.gov.ir

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.org.ir

Website: http://www.inso.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعهٔ نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶ وظیفهٔ تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی 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 تـوجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه 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 آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«لوله‌های پلی‌اولفینی برای انتقال سیالات- تعیین مقاومت در برابر انتشار ترک- روش آزمون برای رشد آهسته ترک روی لوله‌های شکاف‌دار»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
نجار، رضا (دکتری شیمی آلی)	دانشکده شیمی دانشگاه تبریز
دبیر:	
قدیمی، فریده (کارشناسی‌ارشد شیمی آلی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اخیاری، شهاب (دکتری شیمی پلیمر)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی- TC61
اصحابی، لادن (دکتری مهندسی پلیمر)	گروه تحقیقاتی صنعتی مترا
الماسی، محمد (کارشناسی‌ارشد مهندسی پلیمر)	شرکت جهان پروفیل پادیر
اولاد قره‌گوز، محمد (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت جهان پروفیل پادیر
جباری، حامد (کارشناسی‌ارشد مهندسی پلیمر)	شرکت پلی‌اتیلن سمنان
رافعی، امید (دکتری مهندسی شیمی)	شرکت جهان پروفیل پادیر
سنگ‌سفیدی، لاله (کارشناسی‌ارشد شیمی)	پژوهشگاه استاندارد
صائب‌نیا، حمید (کارشناسی مهندسی صنایع تولید صنعتی)	شرکت تک تایر آذر
صبرآموز، محمد (کارشناسی‌ارشد مهندسی پلیمر)	گروه تحقیقاتی صنعتی مترا

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
صحاف امین، علیرضا (کارشناسی مهندسی مکانیک)	گروه صنعتی وحید
عیسی‌زاده، احسان (کارشناسی مهندسی پلیمر)	شرکت گسترش پلاستیک
قاسمیان خجسته، محسن (دکتری شیمی آلی)	شرکت تدبیر نوین سازان
قیصری، تقی (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت خدمات مهندسی صنعتی سرمد تبریز
کبیری، رویا (دکتری شیمی آلی)	دانشکده شیمی دانشگاه تبریز
کرمی، آیدا (کارشناسی‌ارشد شیمی)	شرکت آذر لوله
مختاری معمار، امیر (کارشناسی مهندسی صنایع)	شرکت جهان پروفیل پادیر
میرزائیان، نوراله (کارشناسی ارشد پلیمر)	شرکت بازرسی کاوش یار پژوهان

ویراستار:	
اخیاری، شهاب (دکتری شیمی پلیمر)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۱ اصطلاحات مربوط به ابعاد هندسی ۲
۳-۲ اصطلاحات مربوط به ماشینکاری شکاف ۴
۴ نمادها و کوته‌نوشت‌ها ۴
۴-۱ نمادها ۴
۴-۲ کوته‌نوشت‌ها ۵
۵ اصول ۵
۶ دستگاه‌ها ۶
۶-۱ تجهیزات آزمون فشار لوله، مطابق با استاندارد ISO 1167-1 ۶
۶-۲ تجهیزات شکاف‌زن ۶
۶-۳ درپوش‌های انتهایی، نوع A مطابق با استاندارد ISO 1167-1 ۷
۷ آماده‌سازی آزمونه ۷
۷-۱ کلیات ۷
۷-۲ آزمونه‌ها ۷
۷-۳ محل شکاف و اندازه‌گیری ابعاد ۷
۷-۴ شکاف‌زنی ۷
۷-۵ تعداد آزمونه‌ها ۱۰
۸ شرایط‌دهی ۱۰
۹ روش اجرا ۱۰
۹-۱ آزمون فشار هیدروستاتیک ۱۰
۹-۲ اندازه‌گیری ضخامت باقی‌مانده پس از آزمون ۱۱
۱۰ گزارش آزمون ۱۲
پیوست الف (الزامی) ضخامت باقی‌مانده ۱۳
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مقادیر فشار آزمون برای پلی‌اتیلن ۱۸
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) مقادیر توصیه‌شده برای پلی‌اتیلن ۱۹
پیوست ت (الزامی) روش اجرا برای آزمون تسریع‌شده شکاف‌زنی لوله (ANPT) در لوله‌های PE 100-RC ۲۰

عنوان **صفحه**

پیوست ث (الزامی) روش اندازه‌گیری شعاع شکاف ۲۴
پیوست ج (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد نسبت به منبع ۲۵
کتاب‌نامه ۲۶

پیش‌گفتار

استاندارد «لوله‌های پلی‌اولفینی برای انتقال سیالات- تعیین مقاومت در برابر انتشار ترک- روش آزمون برای رشد آهسته ترک روی لوله‌های شکاف‌دار» که نخستین بار در سال ۱۳۸۹ بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شمارهٔ ۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌صد و شصت و هشتمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۴۰۱/۱۱/۳۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعهٔ نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۰۶۵: سال ۱۳۸۹ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «تغییریافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 13479: 2022, Polyolefin pipes for the conveyance of fluids - Determination of resistance to crack propagation - Test method for slow crack growth on notched pipes

لوله‌های پلی‌اولفینی برای انتقال سیالات- تعیین مقاومت در برابر انتشار ترک- روش آزمون برای رشد آهسته ترک روی لوله‌های شکاف‌دار

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش آزمون برای تعیین مقاومت در برابر رشد آهسته ترک لوله‌های پلی‌اولفینی است، که برحسب زمان وقوع نقیصه[1] در آزمون فشار هیدرواستاتیک روی لوله‌ای با شکاف‌های[2] طولی ایجادشده به روش ماشینکاری در سطح بیرونی بیان می‌شود. این آزمون برای لوله‌هایی با ضخامت دیواره بیش‌تر از ۵ mm کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 161-1, Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Nominal outside diameters and nominal pressures - Part 1: Metric series

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۳۲۲: سال ۱۳۸۸، پلاستیک‌ها- لوله‌های پلاستیکی گرمانرم برای انتقال سیالات- قطر خارجی اسمی و فشار اسمی- قسمت ۱: سری‌های متری، با استفاده از استاندارد ISO 161-1: 1996 تدوین شده است.

2-2 ISO 1167- 1, Thermoplastics pipes, fittings and assemblies for the conveyance of fluids - Determination of the resistance to internal pressure - Part 1: General method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۱۸۱: سال ۱۳۸۹، پلاستیک‌ها- لوله‌ها- اتصالات و سیستم‌های مونتاژشده برای انتقال سیالات- تعیین مقاومت در مقابل فشار داخلی - قسمت ۱: روش کلی، با استفاده از استاندارد ISO 1167-1: 2006 تدوین شده است.

2-3 ISO 1167- 2, Thermoplastics pipes, fittings and assemblies for the conveyance of fluids - Determination of the resistance to internal pressure - Part 2: Preparation of pipe test pieces

---

1- Failure
2- Notches

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۲۱۸۱: سال ۱۳۹۰، پلاستیک‌ها- لوله‌ها- اتصالات و سیستم‌های مونتاژشده برای انتقال سیالات- تعیین مقاومت در مقابل فشار داخلی- قسمت ۲: تهیه آزمونه‌های لوله، با استفاده از استاندارد ISO 1167-2: 2006 تدوین شده است.

2-4 ISO 3126, Plastics piping systems - Plastics components - Determination of dimensions

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۱۲: سال ۱۳۹۳، پلاستیک‌ها- سامانه‌های لوله‌گذاری- اجزای پلاستیکی- تعیین ابعاد، با استفاده از استاندارد ISO 3126: 2005 تدوین شده است.

2-5 ISO 11922-1, Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Dimensions and tolerances - Part 1:Metric series

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۶۱۰: سال ۱۴۰۰، لوله‌های ترموپلاستیکی برای انتقال سیالات- ابعاد و رواداری‌ها، با استفاده از استاندارد ISO 11922-1: 2018 تدوین شده است.

2-6 ISO 15510, Stainless steels - Chemical composition

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود.[۱]

۳-۱ اصطلاحات مربوط به ابعاد هندسی

۳-۱-۱ قطر خارجی اسمی

nominal outside diameter
d_n

قطر خارجی مشخص، که به یک اندازه اسمی DN/OD، اختصاص یافته است.

یادآوری ۱- قطر خارجی اسمی برحسب میلی‌متر بیان می‌شود.

۳-۱-۲

میانگین قطر خارجی

mean outside diameter
d_{em}

مقدار اندازه‌گیری‌شده محیط بیرونی یک لوله یا انتهای نری[۲] یک اتصال در هر سطح مقطع تقسیم بر عدد π (= ۳٫۱۴۲) است، که با دقت ۰٫۱ mm به سمت رقم بزرگ‌تر گرد می‌شود.

---

۱ - اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های www.electropedia.org و www.iso.org/obp قابل‌دسترس است.

2- Spigot

۳-۱-۳

حداقل ضخامت دیواره

minimum wall thickness

e_{min}

حداقل مقدار تعیین‌شده ضخامت دیواره در هر نقطه از محیط هر یک از اجزاء سامانه لوله‌گذاری است.

۴-۱-۳

نسبت ابعادی استاندارد

standard dimension ratio
SDR

شناسه‌گذاری عددی سِریِ یک لوله، که عدد گرد شده‌ای مناسب، تقریباً برابر با نسبت قطر خارجی اسمی، d_n به ضخامت اسمی دیواره، e_n است.

۵-۱-۳

سری لوله

pipe series

عددی بدون بعد برای شناسه‌گذاری لوله است.

یادآوری ۱- مقادیر سری لوله مطابق با استاندارد ISO 4065 تعریف می‌شود.

یادآوری ۲- رابطه بین سری‌های لوله، S، و نسبت ابعادی استاندارد، SDR، مطابق با استاندارد ISO 4065 به شکل زیر بیان می‌شود:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

۶-۱-۳

ضخامت باقی‌مانده

ligament thickness

δ_{lg}

مقدار اندازه‌گیری‌شده یا محاسبه‌شده، ضخامت باقی‌مانده پس از ماشینکاری شکاف است.

۷-۱-۳

عمق شکاف

notch depth

h

مقدار اندازه‌گیری‌شده یا محاسبه‌شدهٔ عمق شکاف پس از ماشینکاری است.

۳-۱-۸

طول شکاف

notch length
l_n

مقدار طول شکاف است.

۳-۱-۹

پهنای سطح ماشینکاری‌شده شکاف

width of machined surface of notch

b_s

مقدار پهنای سطح ماشینکاری‌شدهٔ شکاف است.

۳-۲ اصطلاحات مربوط به ماشینکاری شکاف

۳-۲-۱

فرزکاری موافق

climb milling

فرزکاری که در آن جهت حرکت ابزار برش با جهت تغذیه آزمونه فرزکاری‌شده یکسان است.

یادآوری – به این نوع، «فرزکاری از پایین»[1] نیز گفته می‌شود.

۳-۲-۲

سرعت چرخش تیغه فرز

revolution of the cutter
r

کمیتی که به‌عنوان مبنای سرعت ماشینکاری استفاده می‌شود.

۴ نمادها و کوته‌نوشت‌ها

۴-۱ نمادها

در این استاندارد، نمادهای زیر کاربرد دارد.

b_s پهنای سطح ماشینکاری‌شده شکاف

1- Down milling

d_{em} میانگین قطر خارجی

d_n قطر خارجی اسمی

e ضخامت دیواره (در هر نقطه از) لوله

e_m میانگین ضخامت دیواره

e_{max} حداکثر ضخامت دیواره (در هر نقطه از) لوله

e_{min} حداقل ضخامت دیواره (در هر نقطه از) لوله

h عمق شکاف

l_n طول شکاف

p فشار آزمون

r سرعت چرخش تیغه فرز

δ_{lg} ضخامتِ باقی‌مانده

σ تنش هیدرواستاتیک، برحسب مگاپاسکال

۲-۴ کوته‌نوشت‌ها

ANPT	accelerated notch pipe test	آزمون تسریع‌شده شکاف‌زنی لوله
PE	polyethylene	پلی‌اتیلن
RC	raised crack resistance	مقاومت ارتقایافته در برابر انتشار ترک
S	pipe series	سری لوله
SDR	standard dimension ratio	نسبت ابعادی استاندارد

۵ اصول

در محیط بیرونی لوله، چهار شکاف طولی با روش ماشینکاری ایجاد شده و درحالی‌که مطابق با استانداردهای ISO 1167-1 و ISO 1167-2 در یک مخزن آب با دمای ۸۰ °C غوطه‌ور می‌شود، درمعرض فشار هیدرواستاتیکی قرار می‌گیرد. زمان وقوع نقیصه یا مدت زمان آزمون ثبت می‌شود.

یادآوری- فرض بر این است که پارامترهای آزمون زیر طبق استاندارد یا ویژگی‌های مراجع روش آزمون، تعیین می‌شود:

الف- تعداد آزمونه‌ها، در صورت کاربرد (به زیربند ۷-۵ مراجعه شود)؛

ب- فشار آزمون (به زیربند ۹-۱ مراجعه شود)؛

پ- مدت آزمون (به زیربند ۹-۱ مراجعه شود).

برای تسریع آزمون، لوله دارای شکاف‌های بیرونی ماشینکاری شده در یک مخزن حاوی شوینده، برای مثال: Arkopal® N100 [1]، مطابق با پیوست **ت** غوطه‌ور می‌شود.

۶ دستگاه‌ها

۶-۱ **تجهیزات آزمون فشار لوله،** مطابق با استاندارد ISO 1167-1

یادآوری- در حالت ایده‌آل، بهتر است هنگام آزمون لوله‌های شکاف‌زنی‌شده، از یک ایستگاه واحد آزمون برای هر لوله استفاده شود. علاوه‌براین، توصیه می‌شود هنگام آزمون چندین لوله روی چندراهه [2]، هر لوله به‌طور جداگانه مجهز به قطع‌کن خودکار باشد. در غیر این صورت، هنگامی که یک لوله دچار نقیصه می‌شود، در آزمون لوله‌های دیگر اختلال ایجاد می‌شود و اعمال فشار مجدد می‌تواند رشد ترک موجود در شکاف‌ها را تسریع کند.

۶-۲ تجهیزات شکاف‌زن

برای مثال ماشین فرز با نگهدارنده‌ای که به‌طور محکم به بستر متصل شده است تا لوله را به‌طور ایمن در گیره نگه دارد و آزمونهٔ مستقیمی تهیه شود.

به‌طور جایگزین، به‌منظور ثابت نگه‌داشتن لوله‌ای که قرار است شکاف زده شود، می‌توان آن را از بیرون با گیره‌های مناسب در چنان وضعیتی بست که طی فرآیند شکاف‌زنی از لرزش جلوگیری شود.

ابزار فرزکاری نصب شده روی محور فرزگیر افقی، باید تیغه فرز خورشیدی V شکل دوطرفه‌ای با زاویه $60^{\circ}C$ باشد که سرعت برشی محاسبه‌شده آن (mm/r)/tooth (۰٫۰۱۰ ± ۰٫۰۰۲) است (به مثال مراجعه شود).

مهم است که سرعت برش در محدودهٔ مشخص‌شده باشد، در غیر این صورت نتایج معتبر نخواهد بود.

مثال: برای تیغه‌فرزی با ۲۰ دندانه، با سرعت چرخش ۷۰۰ r/min و سرعت پیش‌رَوی ۱۵۰ mm/min، سرعت برش محاسبه شده (mm/r)/tooth ۰٫۰۱۱ = (۷۰۰ × ۲۰)/۱۵۰ است.

ارتعاش ابزار برشی یا بستر ماشین می‌تواند بر شعاع شکل‌گرفته در تهِ شکاف تاثیر بگذارد و باید به حداقل رسانده شود.

لازم است توجه کافی برای محافظت تیغه فرز در برابر آسیب‌دیدگی به عمل آید. قبل از اولین استفاده برای آماده‌سازی آزمونه‌ها، ابزار برش باید امکان ایجاد شکاف تا ۱۰ m را داشته باشد. ابزار نباید برای ماده یا کار دیگری استفاده شود و باید پس از ایجاد ۵۰۰ m شکاف تعویض شود.

۱- Arkopal® N100 نمونه‌ای از یک محصول مناسب است که به‌طور تجاری در دسترس است. این اطلاعات برای راحتی کاربران این استاندارد ارائه شده است و به منزله تایید این محصول توسط سازمان ملی استاندارد ایران نیست. به یادآوری ۲ بند ت-۳ پیوست **ت**، مراجعه کنید که با در نظر گرفتن تحقیقاتِ درحال‌انجام برای یافتن محیط جایگزین در ترک‌خوردگی تنشی برای جایگزینی انواع اتوکسیلات نونیل‌فنل با ارائه همبستگی قابل قبول تدوین شده است.

2 - Manifold

ابزار برش پس از ایجاد m ۱۰۰ شکاف، باید از نظر هرگونه آسیب یا فرسایش بررسی شود. با استفاده از میکروسکوپی با بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۲۰ برابر، دندانه‌های ابزار برش باید با دندانه‌های یک ابزار برش استفاده‌نشده مقایسه شود. درصورت وجود شواهدی از آسیب یا فرسایش، ابزار برش باید تعویض شود.

کیفیت ابزار برش و فرآیند ماشینکاری را می‌توان با ایجاد یک شکاف نمونه و بررسی چشمی شعاع نوک شکاف پس از برش سطح مقطع لوله بررسی کرد. این کار باید بعد از نصب ابزار برش جدید انجام شود.

۳-۶ **درپوش‌های انتهایی**، نوع A مطابق با استاندارد ISO 1167-1

۷ آماده‌سازی آزمونه

۷-۱ کلیات

قبل از هرگونه اندازه‌گیری، آزمونه باید حداقل به مدت h ۴ در دمای °C (۲ ± ۲۳) قرار گیرد.

۷-۲ آزمونه‌ها

هر آزمونه باید دارای طولی از لوله باشد که وقتی طبق استاندارد ISO 1167-2 برای آزمون فشار آماده می‌شود، کمینه طول آزاد لوله بین کلاهک‌های انتهایی mm (۵ ± d_n ۳) باشد، که در آن d_n قطر خارجی لوله است. در لوله‌هایی با قطر خارجی اسمی mm ۳۱۵ < d_n، در صورت عملی‌بودن، از لوله‌هایی با کمینه طول آزاد mm (۵ ± d_n ۳) باید استفاده شود. در غیر این صورت، از لوله‌هایی با حداقل طول آزاد بزرگ‌تر یا مساوی mm ۱۰۰۰ باید استفاده شود.

یادآوری- ممکن است استفاده از لوله‌هایی با طول کمتر از d_n ۳ و طول شکاف کمتر یا بیشتر از قطر خارجی اسمی، بر اعتبار نتایج تأثیر بگذارد.

۷-۳ محل شکاف و اندازه‌گیری ابعاد

موقعیت چهار شکاف با فاصله یکسان از هم، در پیرامون لوله‌ها باید علامت‌گذاری شود (به شکل ۱ مراجعه شود). میانگین قطر خارجی، d_{em}، لوله آزمون و ضخامت دیواره لوله در محل هر شکاف، مطابق با استاندارد ISO 3126 اندازه‌گیری می‌شود.

۷-۴ شکاف‌زنی

۷-۴-۱ اگر ضخامت دیواره آزمونه بزرگ‌تر از mm ۵۰ باشد، نخست باید با تیغه فرز انگشتی به قطر mm ۱۵ تا mm ۲۰ ماشینکاری و سپس تقریباً mm ۱۰ از ضخامت باقی‌ماندهٔ لوله، مطابق با زیربند ۷-۴-۲ تیغه فرز خورشیدی Vشکل ماشینکاری شود. تا h ۲۴ پس از تولید لوله، شکاف‌زنی نباید انجام شود.

۷-۴-۲ هر شکاف باید به‌وسیله ماشین فرز (به شکل ۲ مراجعه شود) با جهت فرزکاری موافق[1] تا عمقی تراش داده شود که ضخامت باقی‌مانده دیواره لوله بین ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۲ برابرِ کم‌ترین ضخامت دیواره، که در استاندارد ISO 11922-1 مشخص شده است، برای قطر و سری‌های فشار لوله طبق جدول الف-۱ باشد. انتهای هر شکاف طبق شکل ۱ و شکل ۲، باید نسبت به محیط دور لوله، هم‌راستا شوند. مهم است که از تکنیک فرزکاری موافق استفاده شود، در غیر این صورت نتایج معتبر نخواهد بود.

ارتعاش ابزار برش یا بدنه ماشین می‌تواند بر اندازهٔ شعاع ایجادشده در گودیِ شکاف تأثیر بگذارد.

شعاع شکاف هنگام اندازه‌گیری طبق روش توصیف‌شده در پیوست **ت** نباید بزرگ‌تر از ۱۰۰ µm باشد و باید در فواصل منظم که بیش‌تر از ۱۰۰ m نباشد، بررسی شود.

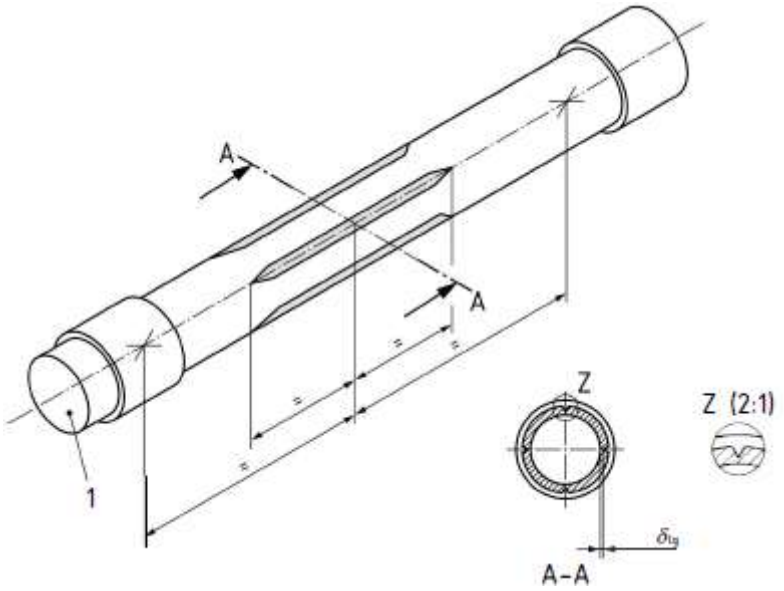
طول هر شکاف، در کل عمق، باید برابر با قطر خارجی اسمی لوله، ۱ mm ± باشد. برای لوله‌هایی با قطر بزرگ‌تر از ۳۱۵ mm و طول آزاد کمتر از (۵ ± $3d_n$) mm، طول هر شکاف، در کل عمق باید طبق زیربند ۷-۲ برابر با طول آزاد منهای (۱ ± ۵۰۰) mm باشد.

یادآوری- برای دستیابی به بخش باقی‌مانده در گستره رواداری موردنیاز، توصیه می‌شود بیشینه گستره رواداری باقی‌مانده را در نظر بگیرید. این به این دلیل است که دیواره لوله می‌تواند به دلیل آزادشدن تنش‌های پس‌ماند حرکت کند و باعث شود که شکاف مورد انتظار عمیق‌تر باشد.

۷-۴-۳ عمق هر شکاف و ضخامت باقی‌مانده، δ_{lg}، را از طریق اندازه‌گیری تماس مکانیکی یا وسایل غیرتماسی اندازه بگیرید و ثبت کنید.

یادآوری- مثالی از روش غیرتماسی در مرجع [۴] کتاب‌نامه ارائه شده است.

1- Climb milling

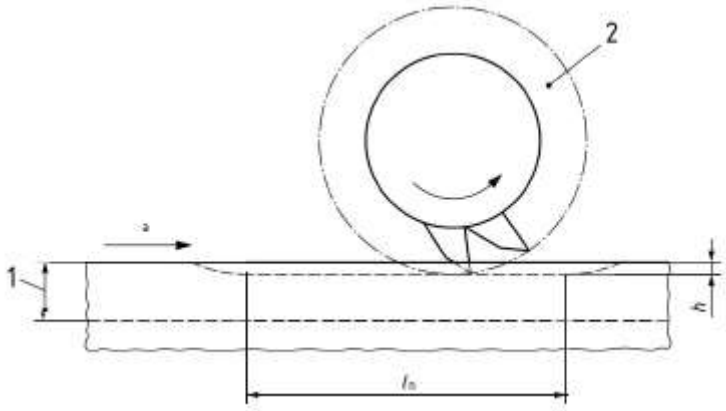


راهنما:

1 درپوش انتهایی

δ_{lg} ضخامت باقی‌مانده: ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۲ برابرِ کم‌ترین ضخامت مشخص‌شده در استاندارد محصول لوله مورد آزمون، برحسب میلی‌متر

شکل ۱- لولهٔ آزمونه



راهنما:

1 دیواره لوله

2 تیغه‌فرز خورشیدی (زاویه‌تراش) دوطرفه با زاویهٔ 60°

h عمق شکاف، برحسب میلی‌متر

l_n طول شکاف ($d_n \times 1$) در مرکز آزمونه

a جهت

شکل ۲- روش شکاف‌زنی

۷-۵ تعداد آزمونه‌ها

حداقل سه آزمونه تهیه کنید، مگر این‌که در استاندارد مرجع طور دیگری معین شده باشد.

۸ شرایط‌دهی[1]

آزمونه‌ها باید با آب پر شده و در مخزن آبی با دمای ۸۰°C غوطه‌ور شوند تا آزمونه‌هایی که ضخامت دیواره آن‌ها تا ۲۵ mm است به مدت ۲۴ h ± ۱ h و آزمونه‌هایی که ضخامت دیواره بیشتری دارند به مدت ۴۸ h ± ۱ h فرصت شرایط‌دهی داشته باشند.

۹ روش اجرا

۹-۱ آزمون فشار هیدرواستاتیک

۹-۱-۱ مطابق با استاندارد ISO 1167-1 آزمونه باید در دمای آزمون ۸۰°C ، تحت آزمون فشار داخلی قرار داده شود، طوری‌که اعمال و حفظ فشار تعیین‌شده طبق استاندارد مرجع باشد.

۹-۱-۲ آزمونه(ها) را به تجهیزات اعمال فشار متصل و هوای آن را تخلیه کنید. پس از شرایط‌دهی طبق بند ۸، به‌طور تدریجی و یکنواخت، بسته به اندازه آزمونه و توانایی تجهیزات اعمال فشار، در کمترین زمان ممکن بین ۳۰ s تا ۱ h، فشار آزمون را اعمال کنید.

یادآوری- اعمال شوک ناشی از افزایش سریع فشار می‌تواند تیزی نوک ترک را بگیرد و بر اعتبار نتایج آزمون تأثیر بگذارد.

۹-۱-۳ فشار را تا زمانی که آزمونه گسیخته[2] شود یا زمان تعیین‌شده توسط استاندارد مرجع سپری شود، هر کدام که اول اتفاق بیفتد، حفظ کنید. زمان تحت فشار را با تقریب ساعت ثبت کنید. هنگام وقوع نقیصه، موقعیت نقیصه را برای هر آزمونه ثبت کنید.

در جدول ب-۱، مقادیر فشار قابل‌اعمال توصیه‌شده برای لوله‌های پلی‌اتیلن، بسته به نوع ماده و سری لوله ارائه شده است.

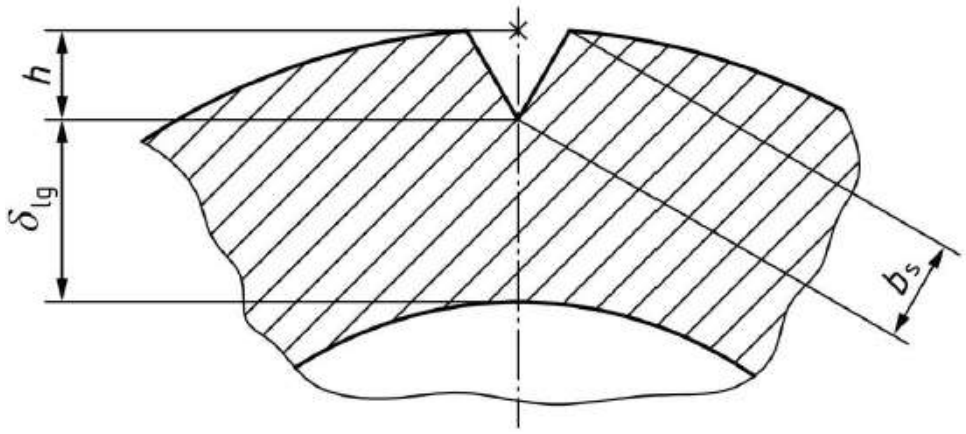
۹-۱-۴ اگر نمونه قبل از الزام مشخص‌شده، پیش از موعد دچار وقوع نقیصه شود، در صورتی که در استاندارد مرجع مجاز باشد، می‌توان آزمون مجددی در فشار انتخابی کمتر برای مدت طولانی‌تری انجام داد. در پیوست **پ** این اطلاعات برای مواد پلی‌اتیلنی ارائه شده است.

1- Conditioning
2- Rupture

۹-۲ اندازه‌گیری ضخامت باقی‌مانده پس از آزمون

در صورت وقوع نقیصهٔ زودهنگام یا به‌منظور تصدیق اندازه‌گیری عمق شکاف طبق زیربند ۷-۴-۳، اندازه‌گیری باید پس از آزمون با استفاده از روش زیر انجام شود. اگر بخش باقی‌مانده خارج از حدود رواداری باشد، نتیجه آزمون باید کنار گذاشته شود. آزمون مجدد باید با استفاده از شرایط و الزامات یکسان انجام شود.

پس از اتمام آزمون فشار، آزمونه را از مخزن آب خارج کرده و بگذارید تا در دمای محیط خنک شود. مقطعی از لوله را در حد فاصل دو سر شکاف برش دهید. شکاف را طوری قرار دهید که دستیابی به یکی از سطوح ماشینکاری‌شده شکاف به‌آسانی امکان‌پذیر شود. با استفاده از میکروسکوپ یا ابزار مشابه[۱]، همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، پهنای سطح برش‌داده‌شده شکاف، b_s، را با درستی $\pm$ ۰٫۱ mm اندازه‌گیری کنید. اگر استاندارد مرجع الزام کرده باشد، عمق نفوذ ترک را اندازه‌گیری کنید.



راهنما:

b_s پهنای سطح برش‌داده‌شده شکاف

h عمق شکاف

δ_{lg} ضخامت باقی‌مانده

شکل ۳- اندازه‌گیری برای محاسبه عمق شکاف

عمق شکاف، h، را برحسب میلی‌متر، با استفاده از فرمول (۱) محاسبه کنید:

$$h = 0{,}5\left[d_{em} - \sqrt{(d_{em}^2 - b_s^2)}\right] + 0{,}866\, b_s \qquad (۱)$$

که در آن:

b_s پهنای سطح ماشینکاری‌شده شکاف، برحسب میلی‌متر؛

---

۱ - مانند پروفیل پروژکتور

d_{em} میانگین اندازه‌گیری‌شده قطر خارجی لوله، برحسب میلی‌متر است.

ضخامت باقی‌مانده، δ_{lg}، را از عمق شکاف و میانگین ضخامت دیواره را در کنار هر موقعیت شکاف به‌طور جداگانه محاسبه کنید. مقادیر به‌دست آمده را ثبت کنید.

یادآوری- یک روش جایگزین در مرجع [۴] کتاب‌نامه به‌تفصیل آمده است.

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل حداقل اطلاعات زیر باشد:

الف- روش آزمون طبق این استاندارد ملی و در صورت وجود، استاندارد مرجع یا ویژگی؛

ب- همه جزئیات لازم برای شناسه‌گذاری کامل لوله (سازنده، نوع لوله و تاریخ تولید)؛

پ- اندازهٔ تیغه‌فرز و تعداد دندانه‌ها؛

ت- سرعت ابزار برشی برحسب دور بر دقیقه و سرعت پیش‌رَوی برحسب میلی‌متر بر دقیقه؛

ث- میانگین قطر خارجی لوله، برحسب میلی‌متر و سری لوله یا SDR؛

ج- عمق شکاف و ضخامت باقی‌مانده برای هر شکاف؛

چ- محل شکاف‌هایی که دچار وقوع نقیصه شده‌اند و حالت نقیصه؛

ح- فشار آزمون و فشار منتخب آزمون مجدد در صورت انجام؛

خ- دمای آزمون؛

د- حسب اقتضا، مدت زمانی که تحت فشار بوده یا مدت زمانی که تا وقوع نقیصه طول کشیده است، برحسب ساعت؛

ذ- جزئیات هرگونه عواملی که می‌تواند بر اعتبار نتایج تأثیر بگذارد، مانند هر حادثه یا هر عملیاتی که در این استاندارد مشخص نشده است؛

ر- هرگونه ویژگی‌های غیرمتداول مشاهده‌شده؛

ز- تاریخ انجام آزمون.

پیوست الف

(الزامی)

ضخامت باقی‌مانده

برای ضخامت باقی‌مانده بر اساس سری لوله در لوله مورد آزمون به جدول الف-۱ مراجعه شود.

جدول الف-۱- ضخامت باقی‌مانده برای سری لوله

ابعاد برحسب میلی‌متر

قطر خارجی اسمی d_n	SDR 6 S ۲٫۵		SDR 7,4 S ۳٫۲		SDR 9 S ۴		SDR 11 S ۵		SDR 13,6 S ۶٫۳		SDR 17 S ۸		SDR 17,6 S ۸٫۳		SDR 21 S ۱۰		SDR 26 S ۱۲٫۵		SDR 33 S ۱۶		SDR 41 S ۲۰	
	ضخامت باقی‌مانده، δ_{lg}																					
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
۳۲	۴٫۲	۴٫۴																				
۴۰	۵٫۲	۵٫۵	۴٫۳	۴٫۵																		
۵۰	۶٫۵	۶٫۸	۵٫۴	۵٫۷	۴٫۴	۴٫۶																
۶۳	۸٫۲	۸٫۶	۶٫۷	۷٫۱	۵٫۵	۵٫۸	۴٫۵	۴٫۸														
۷۵	۹٫۸	۱۰٫۳	۸٫۰	۸٫۴	۶٫۵	۶٫۹	۵٫۳	۵٫۶	۴٫۳	۴٫۵												
۹۰	۱۱٫۷	۱۲٫۳	۹٫۶	۱۰٫۱	۷٫۹	۸٫۳	۶٫۴	۶٫۷	۵٫۱	۵٫۴	۴٫۲	۴٫۴	۴٫۰	۴٫۲								
۱۱۰	۱۴٫۳	۱۵٫۰	۱۱٫۸	۱۲٫۴	۹٫۶	۱۰٫۱	۷٫۸	۸٫۲	۶٫۳	۶٫۶	۵٫۱	۵٫۴	۴٫۹	۵٫۲	۴٫۱	۴٫۳						
۱۲۵	۱۶٫۲	۱۷٫۱	۱۳٫۳	۱۴٫۰	۱۰٫۹	۱۱٫۵	۸٫۹	۹٫۳	۷٫۲	۷٫۵	۵٫۸	۶٫۱	۵٫۵	۵٫۸	۴٫۷	۴٫۹						
۱۴۰	۱۸٫۲	۱۹٫۱	۱۵٫۰	۱۵٫۷	۱۲٫۲	۱۲٫۹	۹٫۹	۱۰٫۴	۸٫۰	۸٫۴	۶٫۵	۶٫۸	۶٫۲	۶٫۶	۵٫۲	۵٫۵	۴٫۲	۴٫۴				
۱۶۰	۲۰٫۷	۲۱٫۸	۱۷٫۱	۱۸٫۰	۱۴٫۰	۱۴٫۷	۱۱٫۴	۱۲٫۰	۹٫۲	۹٫۷	۷٫۴	۷٫۸	۷٫۱	۷٫۵	۶٫۰	۶٫۳	۴٫۸	۵٫۱				
۱۸۰	۲۳٫۳	۲۴٫۵	۱۹٫۲	۲۰٫۲	۱۵٫۷	۱۶٫۵	۱۲٫۸	۱۳٫۴	۱۰٫۴	۱۰٫۹	۸٫۳	۸٫۸	۸٫۰	۸٫۴	۶٫۷	۷٫۱	۵٫۴	۵٫۷	۴٫۳	۴٫۵		
۲۰۰	۲۵٫۹	۲۷٫۲	۲۱٫۴	۲۲٫۵	۱۷٫۵	۱۸٫۴	۱۴٫۲	۱۴٫۹	۱۱٫۵	۱۲٫۱	۹٫۳	۹٫۸	۸٫۹	۹٫۳	۷٫۵	۷٫۹	۶٫۰	۶٫۳	۴٫۸	۵٫۱		

جدول الف-۱- ضخامت بخش باقی‌مانده برای سری لوله (ادامه)

ابعاد برحسب میلی‌متر

قطر خارجی اسمی d_n	SDR 6 S ۲٫۵		SDR 7,4 S ۳٫۲		SDR 9 S ۴		SDR 11 S ۵		SDR 13,6 S ۶٫۳		SDR 17 S ۸		SDR 17,6 S ۸٫۳		SDR 21 S ۱۰		SDR 26 S ۱۲٫۵		SDR 33 S ۱۶		SDR 41 S ۲۰	
	ضخامت باقی‌مانده، δ_{lg}																					
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
۲۲۵	۲۹٫۲	۳۰٫۷	۲۴٫۰	۲۵٫۳	۱۹٫۶	۲۰٫۶	۱۶٫۰	۱۶٫۸	۱۲٫۹	۱۳٫۶	۱۰٫۵	۱۱٫۰	۱۰٫۰	۱۰٫۵	۸٫۴	۸٫۹	۶٫۷	۷٫۱	۵٫۴	۵٫۷	۴٫۳	۴٫۵
۲۵۰	۳۲٫۴	۳۴٫۰	۲۶٫۷	۲۸٫۰	۲۱٫۸	۲۲٫۹	۱۷٫۷	۱۸٫۶	۱۴٫۴	۱۵٫۱	۱۱٫۵	۱۲٫۱	۱۱٫۱	۱۱٫۶	۹٫۳	۹٫۸	۷٫۵	۷٫۹	۶٫۰	۶٫۳	۴٫۸	۵٫۰
۲۸۰	۳۶٫۳	۳۸٫۱	۲۹٫۹	۳۱٫۴	۲۴٫۳	۲۵٫۶	۱۹٫۸	۲۰٫۸	۱۶٫۱	۱۶٫۹	۱۲٫۹	۱۳٫۶	۱۲٫۴	۱۳٫۰	۱۰٫۵	۱۱٫۰	۸٫۳	۸٫۸	۶٫۷	۷٫۱	۵٫۴	۵٫۷
۳۱۵	۴۰٫۸	۴۲٫۹	۳۳٫۶	۳۵٫۳	۲۷٫۳	۲۸٫۷	۲۲٫۳	۲۳٫۵	۱۸٫۲	۱۹٫۱	۱۴٫۶	۱۵٫۳	۱۴٫۰	۱۴٫۷	۱۱٫۷	۱۲٫۳	۹٫۴	۹٫۹	۷٫۶	۸٫۰	۶٫۰	۶٫۳
۳۵۵	۴۶٫۰	۴۸٫۴	۳۷٫۸	۳۹٫۸	۳۰٫۸	۳۲٫۴	۲۵٫۲	۲۶٫۵	۲۰٫۴	۲۱٫۴	۱۶٫۵	۱۷٫۳	۱۵٫۸	۱۶٫۶	۱۳٫۲	۱۳٫۹	۱۰٫۶	۱۱٫۲	۸٫۵	۸٫۹	۶٫۸	۷٫۱
۴۰۰			۴۲٫۷	۴۴٫۹	۳۴٫۷	۳۶٫۵	۲۸٫۴	۲۹٫۸	۲۲٫۹	۲۴٫۱	۱۸٫۵	۱۹٫۴	۱۷٫۸	۱۸٫۷	۱۴٫۹	۱۵٫۷	۱۱٫۹	۱۲٫۵	۹٫۶	۱۰٫۱	۷٫۶	۸٫۰
۴۵۰			۴۸٫۱	۵۰٫۶	۳۹٫۰	۴۱٫۰	۳۱٫۹	۳۳٫۵	۲۵٫۸	۲۷٫۱	۲۰٫۸	۲۱٫۹	۱۹٫۹	۲۱٫۰	۱۶٫۸	۱۷٫۶	۱۳٫۴	۱۴٫۱	۱۰٫۸	۱۱٫۳	۸٫۶	۹٫۰
۵۰۰					۴۳٫۴	۴۵٫۶	۳۵٫۵	۳۷٫۳	۲۸٫۷	۳۰٫۲	۲۳٫۱	۲۴٫۳	۲۲٫۲	۲۳٫۳	۱۸٫۶	۱۹٫۶	۱۴٫۹	۱۵٫۷	۱۱٫۹	۱۲٫۵	۹٫۵	۱۰٫۰
۵۶۰							۳۹٫۷	۴۱٫۷	۳۲٫۱	۳۳٫۸	۲۵٫۹	۲۷٫۲	۲۴٫۹	۲۶٫۲	۲۰٫۸	۲۱٫۹	۱۶٫۷	۱۷٫۵	۱۳٫۴	۱۴٫۱	۱۰٫۷	۱۱٫۲
۶۳۰							۴۴٫۷	۴۷٫۰	۳۶٫۲	۳۸٫۰	۲۹٫۱	۳۰٫۶	۲۷٫۹	۲۹٫۴	۲۳٫۴	۲۴٫۶	۱۸٫۸	۱۹٫۸	۱۵٫۱	۱۵٫۸	۱۲٫۰	۱۲٫۶
۷۱۰									۴۰٫۸	۴۲٫۹	۳۲٫۸	۳۴٫۵	۳۱٫۴	۳۳٫۰	۲۶٫۴	۲۷٫۸	۲۱٫۲	۲۲٫۳	۱۷٫۰	۱۷٫۹	۱۳٫۶	۱۴٫۳
۸۰۰									۴۵٫۹	۴۸٫۳	۳۷٫۰	۳۸٫۹	۳۵٫۳	۳۷٫۱	۲۹٫۷	۳۱٫۲	۲۳٫۹	۲۵٫۱	۱۹٫۱	۲۰٫۱	۱۵٫۳	۱۶٫۱

جدول الف-۱- ضخامت بخش باقی‌مانده برای سری لوله (ادامه)

ابعاد برحسب میلی‌متر

قطر خارجی اسمی d_n	SDR 6 S ۲٫۵		SDR 7,4 S ۳٫۲		SDR 9 S ۴		SDR 11 S ۵		SDR 13,6 S ۶٫۳		SDR 17 S ۸		SDR 17,6 S ۸٫۳		SDR 21 S ۱۰		SDR 26 S ۱۲٫۵		SDR 33 S ۱۶		SDR 41 S ۲۰	
	ضخامت باقی‌مانده δ_{lg}																					
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
۹۰۰											۴۱٫۷	۴۳٫۹	۳۹٫۸	۴۱٫۸	۳۳٫۵	۳۵٫۲	۲۷٫۱	۲۸٫۵	۲۱٫۵	۲۲٫۶	۱۷٫۲	۱۸٫۰
۱۰۰۰											۴۶٫۳	۴۸٫۶	۴۴٫۱	۴۶٫۴	۳۷٫۲	۳۹٫۱	۳۰٫۰	۳۱٫۶	۲۳٫۹	۲۵٫۱	۱۹٫۰	۲۰٫۰
۱۲۰۰															۴۴٫۶	۴۶٫۹	۳۶٫۰	۳۷٫۹	۲۸٫۴	۲۹٫۸	۲۲٫۸	۲۴٫۰
۱۴۰۰																	۴۲٫۰	۴۴٫۲	۳۳٫۱	۳۴٫۸	۲۶٫۷	۲۸٫۰
۱۶۰۰																	۴۸٫۰	۵۰٫۴	۳۷٫۸	۳۹٫۸	۳۰٫۵	۳۲٫۱

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مقادیر فشار آزمون برای پلی‌اتیلن

در آزمون شکاف برای رشد آهسته ترک در لوله پلی‌اتیلنی (PE)، در دمای آزمون ۸۰ °C، مقادیر فشار قابل‌اعمال توصیه‌شده به قطر و ضخامت واقعی لوله و نوع موادِ اولیه لوله، که در جدول ب-۱ ارائه شده است، بستگی دارد. الزامات توصیه‌شده در پیوست **پ** آورده شده است.

یادآوری- این آزمون می‌تواند برای سایر گرمانرم‌ها کاربرد داشته باشد، اما پارامترهای آزمون باید ایجاد شوند.

جدول ب-۱- مقادیر فشار آزمون

نسبت ابعادی استاندارد (SDR)	سری S	فشار آزمون p بار	
		PE 80	PE 100
۴۱	۲۰	۲	۲٫۳
۳۳	۱۶	۲٫۵	۲٫۸۸
۲۶	۱۲٫۵	۳٫۲	۳٫۶۸
۲۱	۱۰	۴	۴٫۶
۱۷٫۶	۸٫۳	۴٫۸۲	۵٫۵۴
۱۷	۸	۵	۵٫۷۵
۱۳٫۶	۶٫۳	۶٫۳۵	۷٫۳
۱۱	۵	۸	۹٫۲
۹	۴	۱۰	۱۱٫۵
۷٫۴	۳٫۲	۱۲٫۵	۱۴٫۳۸
۶	۲٫۵	۱۶	۱۸٫۴

یادآوری ۱- براساس مقادیر واقعی قطر و ضخامت لوله، مقادیر دقیق فشار آزمون با استفاده از فرمول ب-۱ و لحاظ نمودن مقادیر تنش هیدرواستاتیکی ۴٫۰ MPa برای PE 80 و ۴٫۶ MPa برای PE 100، محاسبه می‌شوند:

$$p = \frac{20\sigma e}{(d-e)} \qquad \text{(ب-۱)}$$

که درآن:

σ تنش هیدرواستاتیکی، برحسب مگاپاسکال؛

e حداقل ضخامت دیواره لوله در نواحی ایجاد شکاف، برحسب میلی‌متر؛

d میانگین قطر خارجی لوله، برحسب میلی‌متر.

یادآوری ۲- ۱ bar = ۰٫۱ MPa = 10^5 Pa؛ ۱ MPa = ۱ N/mm^2

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

الزامات توصیه‌شده برای پلی‌اتیلن

پ-۱ الزامات پلی‌اتیلن

الزام توصیه‌شده، به لوله‌های PE 80 و PE 100 زمان $\geq$ ۵۰۰ h در دمای آزمون ۸۰ °C برای فشارهای آزمون ارائه‌شده در جدول ب-۱ یا فشارهای آزمون تعریف‌شده توسط استاندارد مرجع اختصاص دارد.

پ-۲ نقیصه زودهنگام

در صورت وقوع نقیصه زودهنگام در آزمون‌های لوله SDR 11 PE 100 در فشار ۹٫۲ bar یا لوله SDR 1 1 PE 80 در فشار ۸٫۰ bar، می‌توان لوله را با استفاده از پارامترهای آزمون ارائه‌شده در جدول پ-۱ بازآزمایی کرد.

جدول پ-۱- پارامترهای آزمون برای بازآزمایی لوله‌های SDR 11 PE در حالت وقوع نقیصه زودهنگام

PE 80		PE 100	
زمان h	فشار Bar	زمان h	فشار Bar
۷۸۵	۷٫۴	۷۷۵	۸٫۸
۱۲۷۵	۶٫۸	۱۲۲۵	۸٫۴
یادآوری – ۱ bar = ۰٫۱ MPa = $۱۰^{۵}$ Pa؛ ۱ MPa = ۱ N/mm^2.			

در لوله‌های با SDRهای دیگر، برای محاسبه فشار آزمون از فرمول ارائه‌شده در جدول ب-۱ استفاده می‌شود.

پیوست ت

(الزامی)

روش اجرا برای آزمون تسریع‌شده شکاف‌زنی لوله (ANPT) در لوله‌های PE 100-RC

ت-۱ کلیات

برای موادی با مقاومت بالا در برابر رشد آهسته ترک، مانند PE 100-RC، انتظار می‌رود که روش اجرای معمولی آزمون فشار در حمام آب در دمای ۸۰ °C با استفاده از پارامترهای مشخص‌شده در این استاندارد، منجر به زمان آزمون بیش از یک سال شود.

برای تسریع آزمون و کاهش زمان وقوع نقیصه، به جای آب از نوعی محلول شوینده در تماس با شکاف‌ها استفاده می‌شود.

در این پیوست تجهیزات، آماده‌سازی محلول شوینده، روش اجرا و اقدامات احتیاطی لازم که باید برای اطمینان از تجدیدپذیری و ایمنی انجام شود، مشخص شده است.

یادآوری- تلفیقی از این آزمون با محلول شوینده ۲٪ Arkopal® N100 [۱] در آب یون‌زدوده [۲] به‌عنوان محیط بیرونی، همان‌گونه که برای آزمون خزش شکاف کامل در استاندارد ISO 16770 تعریف شده [۲]، مشخص شده است. پارامترهای محلول شوینده از جمله رفتار پیرشدگی، گردش و مقدار اکسیژن کنترل می‌شود. استفاده از این مجموعهٔ تلفیقی در زمانی نسبتاً کوتاه حتی برای PE 100-RC منجر به شکست ترد می‌شود [۵] ، [۶].

ت-۲ دستگاه‌ها

تجهیزات آزمون فشار و نیز مخزنی برای غوطه‌وری لوله‌های آزمون مشابه آنچه برای آزمون با آب استفاده می‌شود، مورد نیاز است.

لازم است توجه شود که حتما احتمال اندرکنش و تغییر فعالیت توسط همهٔ موادی که در تماس با محلول شوینده هستند، برای مثال موادی که برای درزبندی استفاده می‌شوند، بررسی شده باشد. توصیه می‌شود از فولاد زنگ‌نزن (برای مثال فولاد ۱-۳۵-۳۱۶-۴۵۷۱، ۱۴۴۰۴ یا ۱۴۵۷۱مطابق با استاندارد ISO 15510) برای حمام آزمون، وسیله پمپاژ و درپوش‌های انتهایی لولهٔ آزمونه استفاده شود.

۱- Arkopal® N100 نمونه‌ای از یک محصول مناسب است که به‌طور تجاری در دسترس است. این اطلاعات برای راحتی کاربران این استاندارد ارائه شده است و به منزله تایید این محصول توسط سازمان ملی استاندارد ایران نیست. به یادآوری ۲ بند ت-۳ پیوست **ت**، مراجعه کنید که با در نظر گرفتن تحقیقاتِ درحال‌انجام برای یافتن محیط جایگزین در ترک‌خوردگی تنشی برای جایگزینی انواع اتوکسیلات نونیل‌فنل با ارائه همبستگی قابل قبول تدوین شده است.

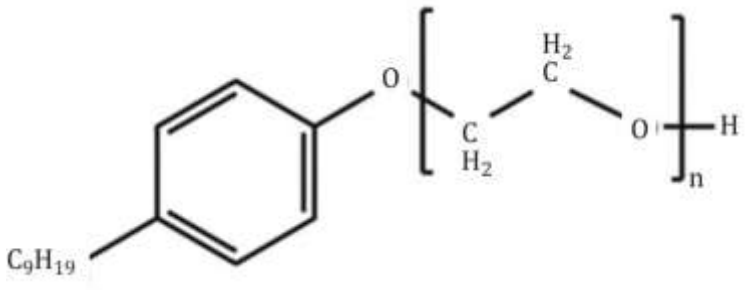
2- Demineralized

برای اطمینان از همگنی محلول شوینده، گردش مداوم محلول در مخزن ضروری است. توصیه می‌شود محلول شوینده از چند نقطهٔ تهِ حمام مکیده شده و برای ایجاد جریان به‌منظور جلوگیری از ته‌نشینی و جدانشینی[1] محلول شوینده و ثابت نگه داشتن توزیع دما در مخزن، در نقاطی به ارتفاع حدود دو سوم ارتفاع حمام تزریق شود. توصیه می‌شود برای کاهش تبخیر و تغییر غلظت محلول، مخزن آزمون را با نوعی درپوش ببندید.

قویا توصیه می‌شود برای آزمون با مواد شوینده از مخزن آزمونی جداگانه استفاده شده و با قرار دادن این مخزن آزمون در مکانی مجزا، اطمینان حاصل شود که مخزن‌های آب یا تجهیزات دیگر آلوده نمی‌شوند.

ت-۳ آماده‌سازی محلول شوینده

از نوعی شویندهٔ غیریونی خنثای اتوکسیلات نونیل‌فنول با CAS No. 9016-45-9 که در آن n برابر ۱۰ باشد، استفاده کنید. فرمول کلی این نوع ماده شوینده در شکل ت-۱ نشان داده شده است.



شکل ت-۱- فرمول شوینده‌های اتوکسیلات نونیل‌فنول (CAS No. 9016-45-9)

یادآوری ۱- نمونه‌ای از این شوینده موجود در بازار Arkopal® N100 است. این محیط آزمون برای استفاده در دماهای بالا مناسب است و به اندازه کافی تهاجمی است تا نقیصه در زمان‌های مناسب برای مواد PE 100-RC روی دهد.

یادآوری ۲- از سایر محیط‌های آزمون فعال سطحی طبق استاندارد ISO 16770، در صورتی که توسط استانداردهای مرجع مشخص شده باشد یا بین طرف‌های ذینفع توافق شود، می‌توان استفاده کرد. تحقیقات برای یافتن مواد (محیط) جایگزین تنش ترک‌خوردگی، برای جایگزینی انواع اتوکسیلات نونیل‌فنل، به شرطی که همبستگی قابل قبولی ارائه دهد، ادامه دارد.

با استفاده از آب یون‌زدوده، مقدار کافی از محلول با غلظتی برابر ٪(۰٫۱ ± ۲) کسر جرمی شوینده تهیه می‌شود. از غوطه‌ورشدن کامل آزمونه‌ها در محلول شوینده باید اطمینان حاصل شود. برای جبران آب تبخیرشده و برقراری مقدار محلول اولیه فقط باید آب یون‌زدوده اضافه شود. محلول باید با افزودن شوینده به آب گرم‌شده تا دمای ۸۰°C تهیه شود.

1- Segregation

ت-۴ فعالیت (رفتار پیرشدگی) محلول شوینده

برای اطمینان از تجدیدپذیر بودن نتایج، باید محلول قبل از استفاده به مدت دست‌کم ۱۴ روز در دمای آزمون پیرسازی شود. اگر با استفاده از مادهٔ مرجع، تجدیدپذیر بودن فعالیت محلول اثبات شود، می‌توان از زمان پیرشدگی کوتاه‌تری استفاده کرد. پس از بیشینه ۲۰۰۰ h استفاده، به دلیل اسیدی‌شدن شوینده در دمای ۸۰°C و تماس با هوا، محلول باید تجدید شود. برای اطمینان از اینکه در آزمون‌ها از محلول بیش از دفعات مجاز استفاده نشود، برنامه‌ریزی قبلی برای آزمون لازم است.

از تجدید محلول در حین آزمون باید خودداری شود تا به هم خوردن شرایط آزمونه‌هایی که دچار نقیصه نشده‌اند محدود شود.

برای حفظ تجدیدپذیری شرایط حمام، فعالیت محلول شوینده باید با تکنیک مناسبی پایش شود، برای مثال می‌توان آزمونه‌هایی از یک ماده مرجع را در محلول آزمون کرد تا بررسی شود که هیچ تغییری در فعالیت وجود ندارد.

هنگام استفاده از تجهیزات آزمون برای بار اول، توصیه می‌شود حداقل یک بار روش اجرای آزمون را با ماده مرجع انجام دهید تا اطلاعاتی در مورد فعالیت و پایداری (رفتار پیرشدگی) محلول شوینده که به تنظیم اولیهٔ آزمون بستگی دارد، به دست آید.

ت-۵ آماده‌سازی آزمونه‌های لوله

آزمونه‌های لوله با شکاف‌های ماشینکاری‌شده، باید مطابق با بند ۶ آماده‌سازی شوند.

ت-۶ شرایط‌دهی

آزمونه‌های لوله باید با آب پر شده، در مخزن حاوی محلول شوینده در دمای ۸۰°C غوطه‌ور شوند و آزمونه‌هایی که ضخامت دیواره آن‌ها تا ۲۵ mm است به مدت ۲۴ h ± ۱ h و آزمونه‌هایی که ضخامت دیواره بیشتری دارند به مدت ۴۸ h ± ۱ h شرایط‌دهی شوند.

ت-۷ روش اجرای آزمون

پس از شرایط‌دهی در مخزن آزمون، لوله باید مطابق با زیربند ۹-۱-۲ تحت فشار قرار گیرد. در صورت نیاز، پس از اتمام آزمون فشار، می‌توان عمق (ضخامت) باقی‌مانده شکاف را مطابق با زیربند ۹-۲، بررسی کرد.

ت-۸ گزارش آزمون

اطلاعات مورد نیاز باید مطابق با بند ۱۰ ثبت شود. علاوه‌براین، اطلاعات زیر باید افزوده شود:

الف- روش آزمون طبق این پیوست؛

ب- جزئیات محلول شوینده، یعنی شماره CAS، نوع، نام تجاری، غلظت و عمر (دفعات استفاده از) محلول در شروع آزمون.

پیوست ث

(الزامی)

روش اندازه‌گیری شعاع شکاف

برای اندازه‌گیری شعاع شکاف در لوله مراحل زیر باید انجام شود:

الف- روی یک لوله ۱۱۰ mm با SDR 11 مطابق با زیربند ۷-۴ این استاندارد، ۴ شکاف ماشینکاری کنید.

ب- لوله را عمود بر محور خود از نقطهٔ میانی شکاف‌ها برش دهید.

پ- حلقه‌ای به پهنای دست‌کم ۲۰ mm از انتهای شکاف‌دار لوله برش دهید (طوری که شکاف‌های روی حلقهٔ جدا شده، از دو سر باز باشند).

ت- قطاعی به اندازهٔ دست‌کم ۱۰ mm را طوری از حلقه لولهٔ به‌دست آمده ببرید که یکی از شکاف‌ها در وسط قطاعِ جدا شده قرار داشته باشد.

ث- سطح مقطع شکاف‌ها را با میکروتوم[1] طوری بتراشید تا سطحی صاف و تخت به دست آید. جهت برش میکروتوم باید از بیرون لوله تا نوک شکاف باشد تا از تشکیل اضافات در ناحیهٔ نوک جلوگیری شود.

ج- با استفاده از میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی مناسب، به سطح مقطع برش‌خورده شکاف نگاه کنید، از سطح مقطع برش‌خورده که نوار مدرجی روی آن گذاشته شده است عکس بگیرید.

چ- با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر، روی لبه‌های هر شکاف خطوطی قرار داده و زاویه شکاف را اندازه‌گیری کنید.

ح- با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر، دایره‌ای را نزدیک نوک شکاف قرار دهید که در آن خطوط زاویه بریدگی مماس بر دایره است. شعاع دایره را اندازه بگیرید.

خ- در صورت لزوم این مراحل را برای سایر شکاف‌ها تکرار کنید.

---

۱ - تیغ کاتر یا شابر

پیوست ج

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد نسبت به منبع

فرمول ب-۱ در پیوست **ب** جایگزین فرمول $p = \frac{20\sigma}{R_{SD}-1}$ یا $p = \frac{10\sigma}{S}$ شده است.

کتاب‌نامه

[1] ISO 6108, Double equal angle cutters with plain bore and key drive

[2] ISO 16770, Plastics - Determination of environmental stress cracking (ESC) of polyethylene Full-notch creep test (FNCT)

یادآوری– استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۱۱۷: سال ۱۴۰۰، پلاستیک‌ها- تعیین ترک زایی تنشی محیطی (ESC) پلی اتیلن– آزمون خزش شکاف کامل (FNCT)، با استفاده از استاندارد ISO 16770: 2019 تدوین شده است.

[3] Accelerated pipe test methods to evaluate PE 100-RC materials - Possibilities for ISO standardisation, Kratochvilla T, Eremiasch R, Bruckner C, TGM Austria, Proceedings of the 19th Plastic Pipes Conference PPXIX, September 2018

[4] The notched cylindrical bars under constant load test" (NCBT) for assessing the resistance to crack initiation and to slow crack growth of PEWO and PEWO RC, Gueugnaut D, Boujlal A, Lopitaux A, Bouaffre R, proceedings of the 17th Plastics Pipes Conference PPXVII, September 2014.

[5] Accelerated Notch Pipe Test (ANPT) on pipes made of PE 80, PE WO and PE WO-RC, TGM Austria, (TGM - VAKU 25550/8), 6th December 2019, see www.pelOOplus.com.

[6] Interlaboratory comparison Accelerated Notch Pipe test (ANPT) ISO 13479, KIWA The Netherlands, 22nd October 2020 (LC 18841-2a), see www.pelOOplus.com.