INSO
10735
1st Revision
2019
Identical with
BS EN ISO
2439:2008

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

استاندارد ملی ایران
۱۰۷۳۵
تجدیدنظر اول
۱۳۹۸

پلیمرهای سلولی انعطاف‌پذیر- تعیین سختی- روش دندانه‌گذاری

Flexible cellular polymeric materials- Determination of hardness- Indentation technique

ICS:83.100

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران،ضلع جنوب‌غربی میدان ونک،خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن:۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴(۰۲۶)

رایانامه: standard@ isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization 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@ isiri.gov.ir

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) 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 توجه 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، آزمونگاه‌ها 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« پلیمرهای سلولی انعطاف‌پذیر- تعیین سختی- روش دندانه‌گذاری »

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
سعادتی، پیام (کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر)	شرکت بازرسی S.G.S و کارشناس استاندارد
دبیر:	
ابراهیم، الهام (کارشناسی شیمی کاربردی)	سازمان ملی استاندارد- پژوهشگاه استاندارد
اعضاء:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آریانسب، فضه (دکتری شیمی آلی)	سازمان ملی استاندارد- پژوهشگاه استاندارد
اسفندیارپوربروجنی، سمیرا (کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر)	شرکت مهندسی آریانام
خالقی مقدم، ماهرو (دکتری شیمی آلی)	سازمان ملی استاندارد- پژوهشگاه استاندارد
سلطانعلی، زهرا (کارشناسی شیمی)	سازمان ملی استاندارد- پژوهشگاه استاندارد
سنگ سفیدی، لاله (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	سازمان ملی استاندارد- پژوهشگاه استاندارد
سعیدی، فاطمه (کارشناسی ارشد شیمی)	شرکت اورند پیشرو
سیدشالچی، افروز (کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر)	عضو مستقل
عباسی مقدم، مرتضی (کارشناسی ارشد بازرگانی بین‌الملل)	اداره کل استاندارد استان قم
ملکی، بهزاد (کارشناسی ارشد شیمی)	سازمان ملی استاندارد

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
میرزا ابوطالبی، هانیه (کارشناسی شیمی)	اداره کل استاندارد استان البرز
وقارمبارکی، لیدا (کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی)	صنعت پلاست آبیار
یاقوت، ملیحه (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	اداره کل استاندارد استان البرز

ویراستار:

فرهنگ‌زاده، سلوی (کارشناسی مهندسی شیمی)	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ اصول کلی ۳
۵ دستگاه آزمون ۳
۵-۱ ماشین آزمون ۳
۵-۲ سطح تکیه‌گاه ۳
۵-۳ دندانه‌گذار ۴
۶ قطعه‌های آزمون ۴
۶-۱ شکل و ابعاد ۴
۶-۲ نمونه‌های نشان‌دهنده جهت ۴
۶-۳ تثبیت شرایط ۴
۷ روش اجرای آزمون ۵
۷-۱ کلیات ۵
۷-۲ دندانه‌گذاری اولیه برای روش‌های A، B و C ۵
۷-۳ روش A- تعیین شاخص سختی دندانه‌ای ٪۴۰ در ۳۰ s ۵
۷-۴ روش B- تعیین مشخصه‌های سختی دندانه‌ای ٪۲۵- ٪۴۰- ٪۶۵ در ۳۰ s ۵
۷-۵ روش C- تعیین کنترل سختی دندانه‌ای ٪۴۰ ۶
۷-۶ روش D- تعیین شاخص سختی دندانه‌ای پایین ٪ ۲۵ در ۲۰ s ۶
۷-۷ روش E- تعیین ضریب انحراف فشاری و نرخ افت پسماند ۷
۸ تکرار آزمون‌ها ۹
۹ گزارش آزمون ۹
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) پارامترها و نمودارهای نوعی روش آزمون ۱۰

عنوان **صفحه**

پیوست ب (آگاهی‌دهنده) دقت روش E ۱۴

کتاب‌نامه ۱۶

پیش‌گفتار

استاندارد « پلیمرهای سلولی انعطاف‌پذیر- تعیین سختی- روش دندانه¬گذاری » که نخستین‌بار در سال ۱۳۸۶ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در چهل و ششمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد صنایع پلیمر مورخ ۱۳۹۸/۵/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، 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 خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۰۷۳۵: سال ۱۳۸۶ می‌شود.

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

BS EN ISO 2439 :2008, Flexible cellular polymeric materials-Determination of hardness (Indentation technique)

پلیمرهای سلولی انعطاف‌پذیر- تعیین سختی- روش دندانه‌گذاری

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

تعیین سختی دندانه‌ای پلیمرهای سلولی انعطاف‌پذیر، اندازه‌گیری برای بررسی خواص تحمل بار آن‌ها است. این استاندارد چهار روش (A) تا (D) را برای تعیین سختی دندانه‌ای و روش (E) را برای تعیین ضریب انحراف فشاری[1] و نرخ افت پسماند[2] پلیمرهای سلولی انعطاف‌پذیر مشخص می‌کند. پیوست الف، خلاصه‌ای از پارامترهای آزمون و نمودارهای نوعی نیرو- میزان دندانه‌گذاری (سختی دندانه‌ای) به‌دست آمده با این روش‌ها را ارائه می‌کند.

این پنج روش فقط برای اسفنج لاتکس، اسفنج یورتان و اسفنج پلی‌وینیل‌کلرید از نوع سلول باز استفاده می‌شوند. این روش‌های مشخص‌شده می‌توانند برای آزمون محصولات نهایی و برای تعیین مشخصه مواد به‌صورت توده استفاده شوند.

این استاندارد، روش‌های زیر را مشخص می‌کند:

الف- روش A - شاخص سختی دندانه‌ای ٪۴۰ در ۳۰s که فقط یک سختی دندانه‌ای است و برای اهداف آزمون آزمایشگاهی کاربرد دارد.

ب- روش B – تعیین مشخصه‌های سختی دندانه‌ای ٪۲۵ و ٪۴۰و ٪۶۵ در ۳۰s است که اطلاعاتی درباره شکل منحنی سختی دندانه‌ای ارائه می‌دهد.

پ- روش C – روش کنترل سختی دندانه‌ای ٪۴۰ که روش اجرایی سریع و مناسبی برای آزمون کنترل کیفیت است.

ت- روش D - تعیین شاخص سختی دندانه‌ای ٪۲۵ در ۲۰s است که روشی سریع و مناسب برای آزمون بازرسی است.

ث- روش E - برای تعیین ضریب انحراف فشردگی و نرخ افت پسماند که اطلاعات اضافی درباره خواص تحمل بار مواد ارائه می‌کند.

نتایج به‌دست آمده از این روش‌ها فقط به شرایط آزمون مشخص‌شده ارتباط دارند و بطور کلی نمی‌توانند مستقیماً برای اهداف طراحی استفاده شوند.

1- Compressive deflection coefficient
2- Hysteresis Loss

۲ مراجع الزامی

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

درصورتی‌که 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 1382, Rubber — Vocabulary

یادآوری- استاندارد ملی ۱۳۷۱۶: سال ۱۳۸۹، لاستیک- واژه نامه، با استفاده از استاندارد ISO 1382:2008 تدوین شده است.

2-2 ISO 7500-1, Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system

یادآوری- استاندارد ملی ۱-۸۷۶۸: سال ۱۳۹۵، مواد فلزی - کالیبراسیون و تصدیق ماشین های آزمون تک محوری ایستا- قسمت ۱- ماشین های آزمون کشش- فشار- کالیبراسیون و تصدیق سامانه اندازه گیری نیرو، با استفاده از استاندارد ISO 7500-1:2015 تدوین شده است.

2-3 ISO 23529, Rubber — General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods

یادآوری- استاندارد ملی ۱۴۴۵۷: سال ۱۳۹۷، لاستیک – روش‌کار عمومی آماده‌سازی و تثبیت شرایط آزمونه‌ها برای روش‌های آزمون فیزیکی، با استفاده از استاندارد ISO 23529: 2016 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد،علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ISO 1362، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌روند:

۳-۱
سختی دندانه‌ای

indentation hardness

نیروی کل لازم بر حسب نیوتن برای ایجاد دندانه‌گذاری معین در یک قطعه آزمون استاندارد، تحت شرایط مشخص است.

یادآوری- سختی دندانه‌ای بر حسب نیوتن بیان می‌شود.

۲-۳

ضریب انحراف فشاری

S_f

compressive deflection coefficient

نسبت نیروی دندانه‌گذار در تغییر شکل ٪۶۵ به انحراف نیروی دندانه‌گذار ٪ ۲۵.

۳-۳

نرخ افت پسماند

A_f

hysteresis loss rate

تفاوت انرژی بین بارگذاری و برداشتن بار یک قطعه آزمون تحت تغییر شکل چرخه‌ای است.

یادآوری- نرخ افت پسماند بر حسب درصد انرژی بارگذاری بیان می‌شود.

۴ اصول کلی

نیروهای لازم برای ایجاد دندانه‌گذاری‌های معین تحت شرایط مشخص اندازه‌گیری می‌شوند.

۵ دستگاه آزمون

۵-۱ ماشین آزمون

دستگاه آزمون باید قادر باشد، در آزمونه‌ای واقع بین سطح تکیه‌گاه (زیربند ۵-۲) و دندانه‌گذار (زیربند ۵-۳) دارای حرکت نسبی یکنواخت در جهت عمودی با سرعت mm/min (۲۰±۱۰۰)، دندانه‌گذاری کند.

دستگاه آزمون باید دارای وسیله‌ای به‌منظور اندازه‌گیری نیرو مطابق با کلاس ۱ استاندارد ISO 7500-1 یا اندازه‌گیری با دقت N (۱±) باشد و همچنین باید دارای وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ضخامت آزمونه تحت بار با دقت mm (± ۰٫۲۵) باشد.

دستگاه آزمون برای روش‌های C و E، باید نیروسنجی با یک سوزن نشانگر بر روی آن داشته باشد و/یا باید به وسیله‌ای برای رسم اتوماتیک (خودکار) منحنی‌های نیرو- سختی دندانه‌ای، مجهز شده باشد.

دستگاه آزمون همچنین باید قادر به ثابت نگه‌داشتن درجه دندانه‌گذاری تعیین شده با دقت mm (±۰٫۲۵) در دوره زمانی تعیین شده باشد.

۵-۲ سطح تکیه‌گاه

قطعه‌های آزمون باید روی یک سطح یکنواخت، صاف، افقی و سخت بزرگ‌ترازخود با سوراخ‌هایی مناسب به قطر تقریبی mm ۶ و فاصله mm۲۰ از یکدیگر برای خروج هوا از زیر قطعه‌آزمون قرار گیرند؛ مگراین که به گونه دیگری تعیین شود.

۵-۳ دندانه‌گذار

دندانه‌گذار، باید ترجیحاً به‌صورت یک اتصال ساچمه‌ای (توپی یا کروی) بدون لقی عمودی، نصب شود. روش‌های دیگر نصب نیز مجاز هستند. دندانه‌گذار باید صاف و مدور با قطر mm (200^{+3}_{0}) و شعاع قوس mm ($1.0^{+0.5}_{0}$) در لبه پایینی باشد. سطح پایینی باید صاف اما غیرصیقلی‌شده باشد.

۶ قطعه‌های آزمون

۶-۱ شکل و ابعاد

مواد باید طوری بریده شوند که قطعه‌ای مربع شکل با ابعاد استاندارد، با طول mm (380^{+20}_{0}) و ضخامت mm (۵۰±۲) به‌دست آید.

محصولات نهایی ممکن است با توافق بین خریدار و عرضه کننده آزمون شوند.

یادآوری- نتایج آزمون روی مواد لایه‌ای و محصولات نهایی، ممکن است با نتایجی که برای قطعه آزمون استاندارد به‌دست می‌آید، یکسان نباشد.

۶-۲ نمونه‌های نشان‌دهنده جهت

اگر نمونه‌ها، جهت ساختار سلولی را نشان دهند، جهتی که دندانه‌گذاری اجرا می‌شود باید مورد توافق گروه‌های ذی‌نفع باشد.

معمولاً بهتر است آزمون از سمتی که کالای نهایی در شرایط بهره‌برداری تحت تنش قرار می‌گیرد، انجام شود.

۶-۳ تثبیت شرایط

مواد نباید زودتر از h ۷۲ پس از زمان تولید، آزمون شوند مگر این‌که ثابت شود، میانگین نتایج به‌دست آمده در h ۱۶ یا h ۴۸ پس از تولید با نتایج به‌دست آمده بعد از h ۷۲ ساعت بیش از ٪ ۱۰± تفاوت ندارد. آزمون در h ۱۶ یا h ۴۸ پس از تولید قابلیت اجرا دارد، اگر در زمان مورد نظر، معیار بالا برآورده شده باشد.

پیش از آزمون، قطعه‌های آزمون باید بدون خم‌شدگی و له‌شدگی حداقل h ۱۶ در یکی از اتمسفرهای زیر مطابق استاندارد ISO 23529، تثبیت شرایط شوند.

دمای °C (۲۳±۲) و رطوبت نسبی ٪ (۵۰±۵)

دمای °C (۲۷±۲) و رطوبت نسبی ٪ (۶۵±۵)

دوره تثبیت می‌تواند آخرین بخش از زمان بعد از تولید را تشکیل دهد.

در مورد آزمون‌های کنترل کیفیت، قطعات آزمون، ممکن است در زمان h ۱۲ پس از تولید یا بیشتر از آن، نمونه‌برداری شوند و آزمون پس از تثبیت شرایط برای حداقل h ۶ در یکی از اتمسفرهای مشخص‌شده، انجام شود.

۷ روش اجرای آزمون

۷-۱ کلیات

بلافاصله پس از تثبیت، آزمون را ترجیحاً در شرایط مشابه با شرایط تثبیت مطابق بند ۶-۳ انجام دهید.

یادآوری- برای راهنمایی در خصوص هر آزمون به پیوست الف مراجعه شود.

آزمونه را روی سطح تکیه‌گاه قرار دهید طوری که مرکز آزمونه یا سطح توافقی دیگر، زیر مرکز دندانه‌گذار قرار گیرد. قطعات با سطح حفره‌دار باید طوری قرار گیرند که سطح حفره‌دار روی سطح تکیه‌گاه باشد.

اگر یک قطعه آزمون دارای حفره‌هایی باشد، مشخصه‌های قابل پذیرش حفره‌ها؛ مانند تعداد، ابعاد و محل آن‌ها در قطعه آزمون، بهتر است مورد توافق خریدار و تامین‌کننده باشد.

۷-۲ دندانه‌گذاری اولیه برای روش‌های A، B و C

الف- نیروی N ($^{0}_{-2}$ ۵) را روی سطح انتخابی آزمون قرار دهید و ضخامت را اندازه بگیرید. این مقدار دندانه‌گذاری صفر است.

ب- با سرعت mm/min (۲۰±۱۰۰) ، دندانه‌گذاری ٪(۲٫۵±۷۰) ضخامت را ایجاد کنید. بعد از رسیدن به ٪۷۰ دندانه‌گذاری، بار را با همان سرعت آزاد کنید.

پ- بارگذاری و برداشتن بار را دو بار دیگر تکرار کنید، سپس طبق زیربندهای ۷-۳، ۷-۴، یا ۷-۵ هر کدام که مناسب است، آزمون را ادامه دهید.

۷-۳ روش A- تعیین شاخص سختی دندانه‌ای ٪۴۰ در s ۳۰

بلافاصله پس از برداشتن بار برای سومین دفعه، دندانه‌گذاری تا ٪ (۱±۴۰) ضخامت آزمونه ایجاد کنید. این دندانه‌گذاری را به‌مدت s (۱±۳۰) نگه‌دارید، سپس نیرو بر حسب نیوتن را یادداشت کرده و آن را آزاد کنید.

نتیجه آزمون روش A فقط برای آزمونه با ابعاد استاندارد است. در این حالت، ضخامت آزمونه نباید از طریق روی هم گذاشتن لایه‌ها بدست آید.

۷-۴ روش B- تعیین مشخصه‌های سختی دندانه‌ای ٪۲۵- ٪۴۰- ٪۶۵ در s ۳۰

بلافاصله پس از برداشتن بار برای سومین دفعه؛

الف- دندانه‌گذاری را تا ٪ (۱±۲۵) ضخامت ایجاد کنید.

ب- این دندانه‌گذاری را به‌مدت s (۱±۳۰) نگه‌دارید.

پ- نیروی لازم برای این دندانه‌گذاری را اندازه بگیرید.

ت- دندانه‌گذاری را تا ٪ (۱ ± ۴۰) ضخامت افزایش دهید.

ث- این دندانه‌گذاری را به‌مدت s (۱±۳۰) نگه دارید.

ج- نیروی لازم برای این دندانه‌گذاری را اندازه بگیرید.

چ- دندانه‌گذاری را تا ٪ (۱±۶۵) ضخامت افزایش دهید.

ح- این دندانه‌گذاری را به‌مدت s (۱±۳۰) نگه دارید.

خ- نیروی لازم برای این دندانه‌گذاری را اندازه بگیرید..

نتیجه آزمون روش B روی قطعه آزمون استاندارد باید به‌عنوان مشخصه‌های سختی دندانه‌ای ماده شناخته شود. اگر آزمون روی محصول انجام شود، نتیجه به‌عنوان مشخصه‌های سختی دندانه‌ای محصول شناخته می‌شود.

یادآوری – نتاج به‌دست آمده از روش B را می‌توان با عوامل دندانه‌گذاری که عبارتند از تقسیم نیروهای لازم برای ایجاد دندانه‌گذاری ٪ ۲۵ و ٪ ۶۵ بر، نیروی لازم برای ایجاد دندانه‌گذاری ٪ ۴۰ ، نشان داد.

۷-۵ روش C- تعیین کنترل سختی دندانه‌ای ٪۴۰

بلافاصله پس از برداشتن بار برای سومین دفعه (زیربند ۷-۲ پ)، مراحل زیر را انجام دهید:

الف- ثبات ترسیم‌گر را روشن کنید یا سوزن را روی گیج نیرو برگردانید و نمونه را به میزان ٪ (۱±۴۰) ضخامت دندانه‌گذاری کنید.

ب- نیرو برحسب نیوتن را، با استفاده از ترسیم‌گر یا ثبات خودکار ثبت کنید.

پ- نیرو را آزاد کنید.

نتایج آزمون روش C باید به‌عنوان کنترل سختی دندانه‌ای شناخته شود.

یادآوری- این روش، روش سریع‌تری برای کنترل کیفیت سختی دندانه‌ای است. تغییرات نتایج بدست‌آمده در این روش معمولا بیشتر است. همچنین باید یادآوری شود که نتایج به‌دست آمده از این روش ممکن است با نتایج به‌دست آمده از روش A مرتبط باشد اما معمولاً بالاتر است.

۷-۶ روش D- تعیین شاخص سختی دندانه‌ای پایین ٪ ۲۵ در s ۲۰

۷-۶-۱ دندانه‌گذاری اولیه

الف- نیروی N ($^{0}_{-2}$ ۵) را روی سطح انتخابی آزمون اعمال کرده و ضخامت را اندازه بگیرید. این مقدار نقطه صفر دندانه‌گذاری است.

ب- با سرعت mm/min (۲۰±۱۰۰) ، دندانه‌گذاری ٪ (۲٫۵±۷۵) ضخامت را ایجاد کنید. بعد از رسیدن به این مقدار انحنا، بار را با همان سرعت آزاد کنید.

۷-۶-۲ اندازه‌گیری

بلافاصله پس از برداشتن بار (زیربند ۷-۶-۱ ب)، دندانه‌گذاری ٪(۱±۲۵) ضخامت آزمونه را ایجاد کنید. این انحنا را به‌مدت s(۱±۲) نگه‌دارید، سپس نیرو بر حسب نیوتن را یادداشت کرده و آن را آزاد کنید.

فقط نتیجه آزمون روش D روی قطعه آزمون با ابعاد استاندارد، بدون روی هم گذاشتن لایه‌ها، باید به‌عنوان شاخص سختی دندانه‌ای کم شناخته شود.

۷-۷ روش E- تعیین ضریب انحراف فشاری و نرخ افت پسماند

۷-۷-۱ دندانه‌گذاری اولیه

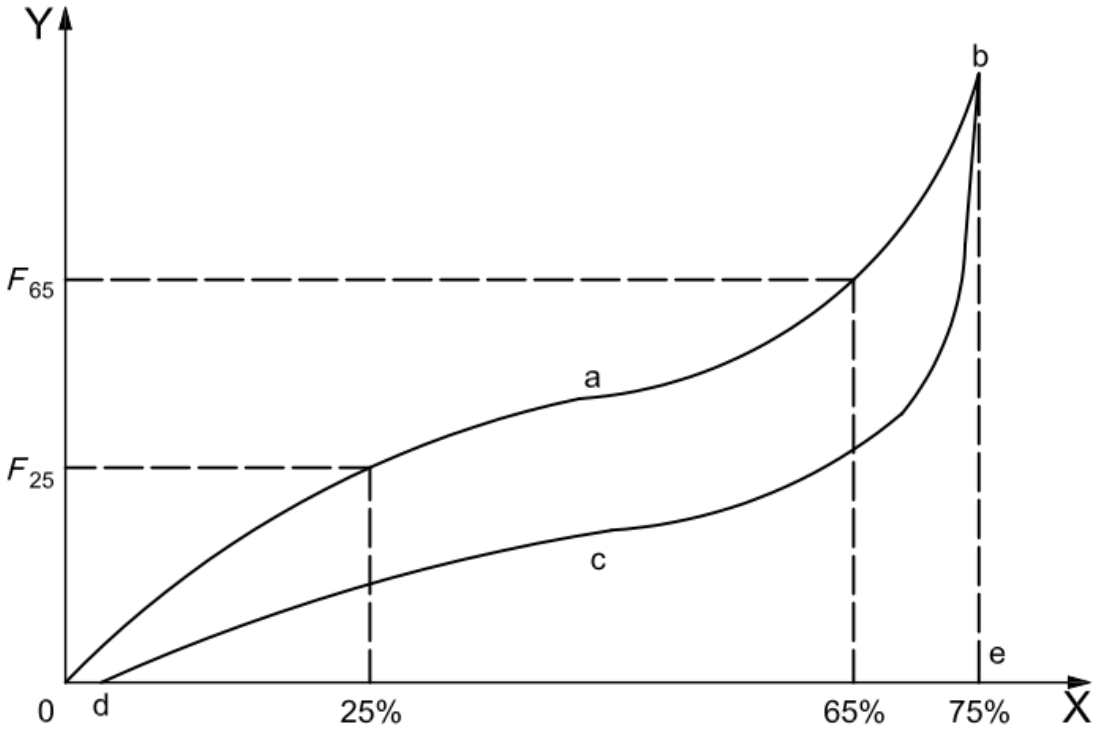
الف- نیروی N ($^{0}_{-2}$ ۵) را روی سطح انتخابی آزمون اعمال کرده و ضخامت را اندازه بگیرید. این مقدار نقطه صفر دندانه‌گذاری است.

ب- با سرعت mm/min (۲۰±۱۰۰) ، دندانه‌گذاری ٪ (۲٫۵±۷۵) ضخامت را ایجاد کنید. بعد از رسیدن به این مقدار انحنا، بار را با همان سرعت آزاد کنید.

پ- به نمونه به‌مدت min (۱±۴) استراحت دهید.

۷-۷-۲ اندازه‌گیری

بلافاصله پس از زمان استراحت (زیربند ۷-۷-۱ پ)، با سرعت mm/min (۲۰±۱۰۰)، دندانه‌گذاری ٪(۲٫۵±۷۵) ضخامت اندازه‌گیری‌شده در زیربند ۷-۷-۱-الف را ایجاد کرده و هم‌زمان منحنی نیرو-دندانه‌گذاری را ثبت کنید. پس از رسیدن به دندانه‌گذاری ٪(۲٫۵±۷۵)، نیرو را با همان سرعت آزاد کرده و منحنی نیرو-دندانه‌گذاری مطابق شکل ۱ را کامل کنید. فاصله زمانی بین چرخه تکمیل فشار و چرخه شروع برداشتن فشار، نباید بیش از s ۲ باشد.



راهنما:

X دندانه‌گذاری، ٪

Y نیرو، F

a نمونه‌ای از خط چرخه فشار

b نقطه بالایی

c نمونه‌ای از خط چرخه برداشتن فشار

d نقطه پایینی

e نقطه دندانه‌گذاری، ٪ ۷۵ قطعه آزمون

شکل ۱- نمونه‌ای از منحنی نیرو-دندانه‌گذاری

۷-۷-۳ بیان نتایج

۷-۷-۳-۱ ضریب انحراف فشاری

ضریب انحراف فشاری، S_f، از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$Sf \equiv \frac{F65}{F25}$$

که در آن:

F_{25} نیروی لازم برای دندانه‌گذاری ٪ ۲۵ در فشردگی، برحسب نیوتن؛

F_{65} نیروی لازم برای دندانه‌گذاری ٪ ۶۵ در فشردگی، برحسب نیوتن است.

۷-۷-۳-۲ نرخ افت پسماند

نرخ افت پسماند ، A_f، برحسب درصد، از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Af = \frac{\text{مساحت 0abcd0}}{\text{مساحت 0abe0}} \times 100$$

که در آن:

مساحت 0abcd0 مساحتی شامل منحنی پسماند0abcd0 (شکل ۱)

مساحت 0abe0 مساحت زیر منحنی 0ab است (شکل ۱).

۸ تکرار آزمون‌ها

برای تکرار آزمون‌ها روی همان قطعه‌آزمون، باید حداقل h ۱۶ فاصله زمانی درنظرگرفته شود.

۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۹-۱ ذکر شماره این استاندارد ؛

۹-۲ روش مورد استفاده و نوع نتایج به‌دست آمده (به‌عنوان مثال مشخصات سختی دندانه‌ای محصول)؛

۹-۳ دماها و رطوبت نسبی شرایط تثبیت و آزمون؛

۹-۴ نوع آزمونه (به‌عنوان مثال از محصول نهایی است یا از بلوک)؛

۹-۵ ابعاد قطعه‌آزمون، مثلا ضخامت ذکرشده در زیربند ۷-۲-الف؛

۹-۶ تعداد لایه‌هایی که آزمونه را تشکیل داده‌اند؛ در صورت وجود؛

۹-۷ مقدار پوسته ؛ در صورت وجود؛

۹-۸ تاریخ انجام آزمون؛

۹-۹ هر گونه انحراف از این آزمون.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

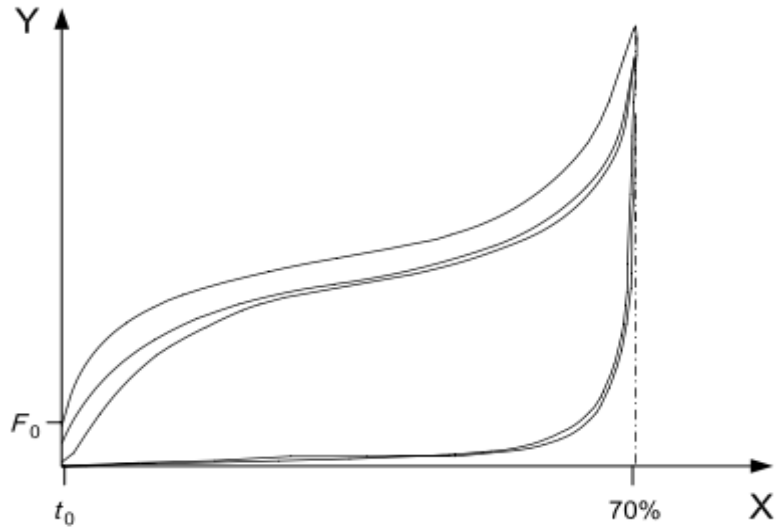
پارامترها و نمودارهای نوعی روش آزمون

الف-۱ پارامترهای آزمون برای روش‌های A، B، C، D و E

جدول الف-۱-پارامترهای روش‌های آزمون

پارامترهای آزمون	روش A	روش B			روش C	روش D	روش E[a]
تعداد دندانه‌گذاری اولیه	۳	۳			۳	۱	۱
دندانه‌گذاری اولیه، درصد ضخامت قطعه آزمون	۷۰±۲٫۵	۷۰±۲٫۵			۷۰±۲٫۵	۷۵±۲٫۵	۷۵±۲٫۵
زمان استراحت پس از دندانه‌گذاری اولیه ، min	—	—			—	—	۴±۱
دندانه‌گذاری، اندازه‌گیری درصد ضخامت قطعه آزمون	—		۴۰±۱	۲۵±۱	—	۲۵±۱	
	۴۰±۱		۴۰±۱		۴۰±۱	—	۰~۷۵~۰
	—	۶۵±۱			—	—	
دوره زمانی فشردگی، قبل از اندازه‌گیری، S	۳۰±۱	۳۰±۱	۳۰±۱	۳۰±۱	۰	۲۰±۱	—
نماد سختی دندانه‌ای	$HA_{(40\%/30s)}$	$HB_{(25\%/30s)}$	$HB_{(40\%/30s)}$	$HB_{(65\%/30s)}$	$HC_{(40\%/0s)}$	$HD_{(25\%/20s)}$	—
[a] به زیربند ۷-۷-۳ مراجعه کنید.							

الف-۲ نمودارهای نیرو-دندانه‌گذاری با استفاده از روش‌های A، B، Cو D



راهنما:

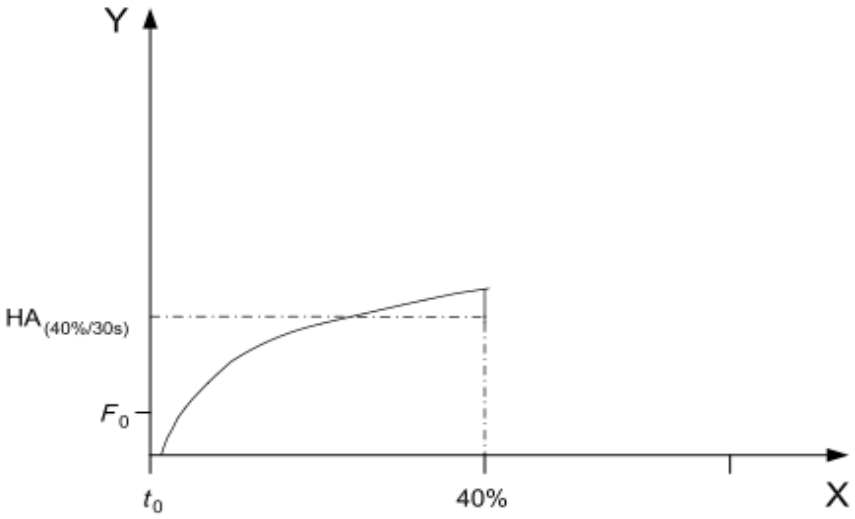
X دندانه‌گذاری، ٪

Y نیرو، F

F_0 N (5^{0}_{-2}) ، نیروی پیش‌بار که در آن ضخامت اولیه اندازه‌گیری می‌شود

t_0 ضخامت اولیه قطعه آزمون

شکل الف- ۱- نمودار نیرو-دندانه‌گذاری دندانه‌گذاری اولیه، روش A، Bیا C



راهنما:

X دندانه‌گذاری، ٪

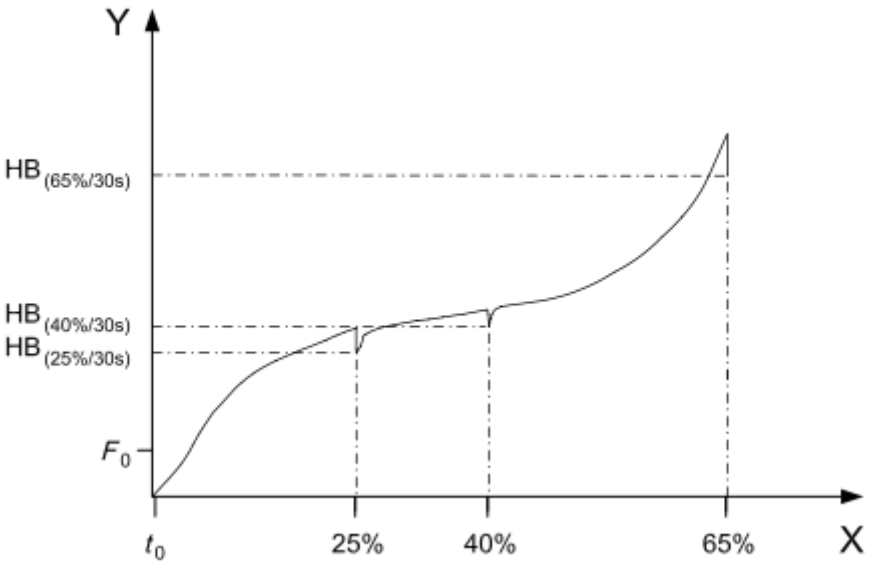
Y نیرو، F

F_0 N (5^{0}_{-2}) ، نیروی پیش‌بار که در آن ضخامت اولیه اندازه‌گیری می‌شود

t_0 ضخامت اولیه قطعه آزمون

HA سختی اندازه‌گیری شده مطابق روش A

شکل الف-۲- نمودار نیرو-دندانه‌گذاری با استفاده از روش A



راهنما:

X دندانه‌گذاری، ٪

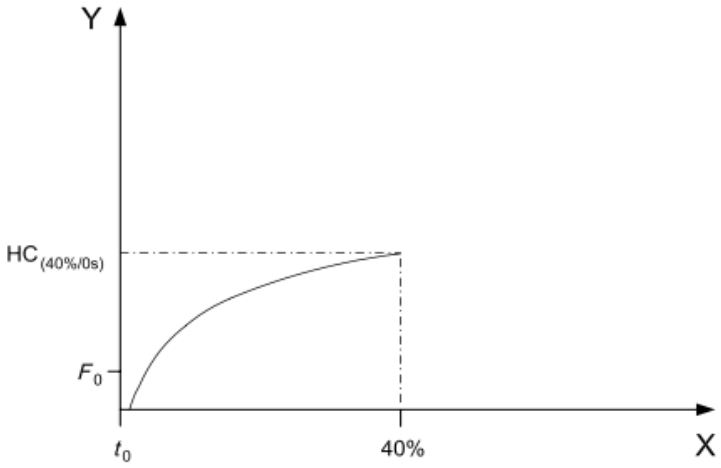
Y نیرو، F

F_0 N (5^{0}_{-2})، نیروی پیش‌بار که در آن ضخامت اولیه اندازه‌گیری می‌شود

t_0 ضخامت اولیه قطعه آزمون

HB سختی اندازه‌گیری شده مطابق روش B

شکل الف-۳- نمودار نیرو-دندانه‌گذاری با استفاده از روش B



راهنما:

X دندانه‌گذاری، ٪

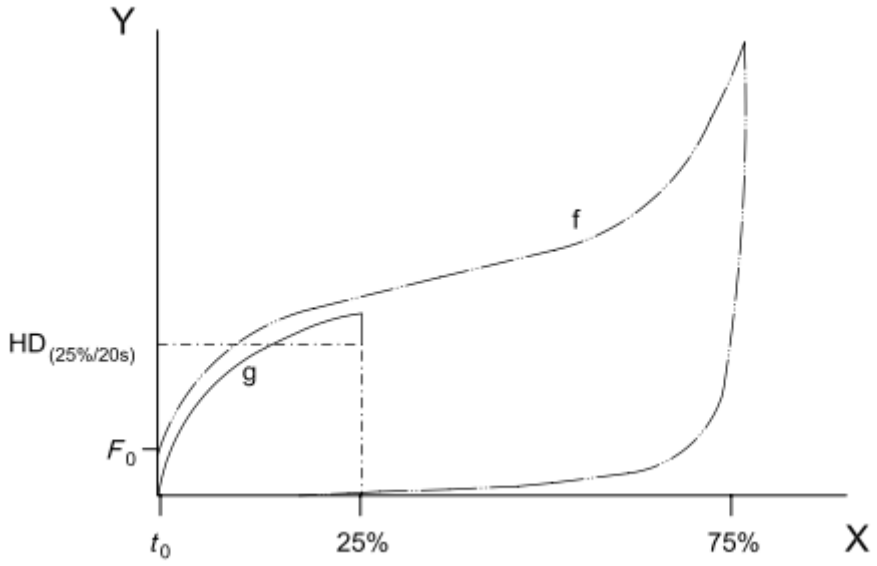
Y نیرو، F

F_0 N (5^{0}_{-2})، نیروی پیش‌بار که در آن ضخامت اولیه اندازه‌گیری می‌شود

t_0 ضخامت اولیه قطعه آزمون

HC سختی اندازه‌گیری شده مطابق روش C

شکل الف-۴- نمودار نیرو-دندانه‌گذاری با استفاده از روش C



راهنما:

X دندانه‌گذاری، ٪

Y نیرو، F

F_0 N (5^{0}_{-2})، نیروی پیش‌بار که در آن ضخامت اولیه اندازه‌گیری می‌شود

f منحنی سختی اولیه

g منحنی آزمون دندانه‌گذاری

t_0 ضخامت اولیه قطعه آزمون

HD سختی اندازه‌گیری شده مطابق روش D

شکل الف-۵- نمودار نیرو-دندانه‌گذاری با استفاده از روش D

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

دقت روش E

ب-۱ کلیات

دقت روش E براساس استاندارد ISO/TR 9272 تعیین شد. نتایج دقت تعیین‌شده با ITP (برنامه آزمون بین‌آزمایشگاهی) نباید برای پذیرش یا عدم پذیرش گروهی از مواد بدون مستندسازی استفاده شود. برای این‌که نتایج دقت برای پذیرش یا عدم پذیرش دسته‌ای از مواد، به‌کار گرفته شوند، باید قابل استفاده‌بودن آن‌ها، اثبات شده باشد.

برای ارزیابی دقت، یک برنامه آزمون بین‌آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۴ میلادی توسط ژاپن سازماندهی شد. هفت آزمایشگاه با استفاده از سه نوع پلی‌یورتان انعطاف‌پذیر با سطوح انعطاف‌پذیری مختلف در این برنامه شرکت کردند.

ضریب انحراف فشاری و نرخ افت پسماند با استفاده از روش E مطابق استاندارد بین‌المللی اندازه‌گیری شدند.

ب-۳ نتایج دقت

ب-۳-۱ کلیات

نتایج دقت برای سه نوع قطعه آزمون با سطوح انعطاف‌پذیری مختلف در جدول ب-۱ ارائه شده‌است. سه نمونه برای هر سطح انعطاف‌پذیری آزمون شدند و هر دو خواص مطابق روش E اندازه‌گیری شدند.

ب-۳-۲ تکرارپذیری

تکرارپذیری، یا دقت دامنه محلی، برای این روش آزمون از مقادیر موجود در جدول ب-۱ برای هر پارامتر اندازه گیری به‌دست آمده است. نتایج آزمونی که با مقادیر r و (r)، موجود در جدول اختلاف زیادی دارند، بهتر است مورد شک قرار گرفته و مورد بررسی قرار گیرند.

ب-۳-۳ تجدیدپذیری

تجدیدپذیری، یا دقت دامنه جهانی، برای این روش آزمون از آزمون از مقادیر موجود در جدول ب-۱ برای هر پارامتر اندازه گیری به‌دست آمده است. نتایج آزمونی که با مقادیر R و (R)، موجود در جدول اختلاف زیادی دارند، بهتر است مورد شک قرار گرفته و مورد بررسی قرار گیرند.

جدول ب-۱- نتایج دقت

قطعه آزمون	خواص	مقدار یانگین	درون آزمایشگاهی			بین آزمایشگاهی		
			s_r	r	(r)	S_R	R	(R)
اسفنج متعارف	ضریب انحراف فشاری	۱٫۷۸	۰٫۰۳۵۲	۰٫۱۰۰	۵٫۵۸	۰٫۰۶۹۴	۰٫۱۹۶	۱۱٫۰
	نرخ افت پسماند	۴۴٫۴۶	۰٫۹۵۹	۲٫۷۱۳	۶٫۱۰	۲٫۳۲۴	۶٫۵۸	۱۴٫۷۹
اسفنج با انعطاف‌پذیری کم	ضریب انحراف فشاری	۲٫۱۵	۰٫۰۴۴۴	۰٫۱۲۶	۵٫۸۵	۰٫۱۲۰	۰٫۳۳۷	۱۵٫۶۹
	نرخ افت پسماند	۶۷٫۹۱	۰٫۷۸۷	۵٫۰۶	۷٫۴۵	۶٫۳۱۴	۱۷٫۶۸	۲۶٫۰۳
اسفنج با انعطاف‌پذیری زیاد	ضریب انحراف فشاری	۲٫۲۹	۰٫۰۴۷	۰٫۱۳۲	۵٫۷۵	۰٫۰۷۸	۰٫۲۲۱	۹٫۶۲
	نرخ افت پسماند	۳۳٫۴۳	۰٫۳۴۹	۰٫۹۸۸	۲٫۹۶	۲٫۸۴۴	۸٫۰۵۰	۲۴٫۰۸

کتاب‌نامه

[1] ISO/TR 9272, Rubber and rubber products — Determination of precision for test method standards