



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۳۹۰

چاپ اول

ISIRI

8390


1 St- Edition

پلیمرها - تعیین دمای انتقال شیشه‌ای به روش آنالیز

دینامیکی مکانیکی - روش آزمون


Polymers – Assignment of the Glass
Transition- Temperature by dynamic
mechanical analysis – Test method

www.parspolymerkish.com

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵ 

دفتر مرکزی : تهران - ضلع جنوبی میدان ونک، صندوق پستی ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵


تلفن مؤسسه در کرج: ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸ 

تلفن مؤسسه در تهران: ۰۲۱-۸۸۷۹۴۶۱-۵ 

دورنگار: کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ - تهران ۰۲۱-۸۸۸۷۰۸۰ - ۸۸۸۷۱۰۳ 

بخش فروش - تلفن: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ - دورنگار: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ 

پیام نگار: Standard @ isiri.or.ir 

بهاء: ۱۵۰۰ ریال 

 **Headquarters :** Institute Of Standards And Industrial Research Of Iran

P.O.Box: 31585-163 Karaj – IRAN

 **Tel:** 0098 261 2806031-8

 **Fax:** 0098 261 2808114

Central Office : Southern corner of Vanak square, Tehran

P.O.Box: 14155-6139 Tehran-IRAN

 **Tel:** 0098 21 8879461-5

 **Fax:** 0098 21 8887080, 8887103

 **Email:** Standard @ isiri.or.ir

 **Price:** 1500 RLS

« بسمه تعالی »

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبان نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد. پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ((۵)) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور 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 استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آنها اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.

کمیسیون استاندارد « پلیمرها- تعیین دمای انتقال شیشه ای به روش آنالیز دینامیکی مکانیکی- روش آزمون»

رئیس

میرمحمد صادقی، گیتی

(دکتری مهندسی پلیمر)

اعضاء

شکراللهی، فاطمه

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

طبری نیا، فرزانه

(فوق لیسانس شیمی فیزیک)

عسکری، فهیمه

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

فتحی، شیوا

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

فرهمند، فرهید

(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

هنرکار، هنگامه

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

سمت یا نمایندگی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پلیمر

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی مازندران

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

دانشگاه تهران

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان مازندران

نوحی لنگرودی ، ساناز

(لیسانس شیمی محض)

دیپ

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان مازندران

میری قلعه سری، سیده عظمت

(لیسانس مهندسی پلیمر)

www.parsethylene-kish.com

اعضای شرکت کننده در سیمد و هشتاد و یکمین اجلاس کمیته ملی

استاندارد شیمیایی و پلیمر مورف ۸۴/۹/۲۷

سمت یا نمایندگی

رئیس

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پلیمر

میرمحمد صادقی، گیتی

(دکتری مهندسی پلیمر)

اعضاء

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

اکبری حقیقی، کریم

(لیسانس)

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

طلوعی، شهره

(لیسانس مهندسی پلیمر)

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

عسکری، فهیمه

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

دانشگاه تهران

فتحی، شیوا

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مهدوی، آذر

(کمک کارشناس)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان مازندران

میری قلعه سری، سیده عظمت

(لیسانس مهندسی پلیمر)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان مازندران

نوحی، ساناز

(لیسانس شیمی محض)

دیپ

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

فتحی رشتی ، ام البنین

(لیسانس شیمی)

www.parsethylene-kish.com

پیش گفتار

استاندارد « پلیمرها- تعیین دمای انتقال شیشه ای به روش آنالیز دینامیکی مکانیکی - روش آزمون «که بوسیله کمیسیون فنی صنایع شیمیایی و پلیمر تهیه و تدوین شده و در سیصد و هشتاد و یکمین جلسه کمیته ملی استاندارد شیمیایی و پلیمر مورخ ۱۳۸۴/۹/۲۷ 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 پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استاندارد ارائه شود، در تجدیدنظر بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تجدیدنظر این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استانداردهای بین المللی و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

1 – ASTM E1640: 1994(1999) –Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperature By Dynamic Mechanical Analysis

الف

پلیمرها- تعیین دمای انتقال شیشه ای به روش آنالیز دینامیکی مکانیکی^۱ -

روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه روشی برای تعیین دمای انتقال شیشه ای پلیمرها است. این روش برای پلیمرهای گرماسخت، گرمانرم و جزئی^۲ بلورین که در ناحیه انتقال شیشه ای پایداری حرارتی دارند، کاربرد دارد. محدوده دمایی در این روش به نوع دستگاه مورد استفاده بستگی دارد. اما برای همه مواد، حداقل دما، ۱۵۰- درجه سلسیوس است. این روش آزمون برای مواد با مدول کشسانی^۳ در گستره ۰/۵ مگاپاسکال تا ۱۰۰ گیگاپاسکال، کاربرد دارد.

این استاندارد برای تعیین ناحیه انتقال شیشه ای مواد بی شکل^۴ و شبه بلورین^۵ به کار می رود، همچنین برای کنترل کیفیت، ارزیابی انطباق و تحقیق نیز کاربرد دارد.

یادآوری - دمای انتقال شیشه ای برای تعیین مشخصات بعضی از خواص فیزیکی گرمانرم ها، گرما سخت ها و مواد نیمه بلورین نظیر تاریخچه حرارتی، شرایط فرآیندی، پایداری حرارتی، درجه پیشرفت واکنش های شیمیایی، درجه پخت و رفتار مکانیکی بسیار مفید است ..

-
- 1 - Dynamic Mechanical Analysis
 - 2 - Partially Crystalline
 - 3 -Elastic modulus(storage modulus)
 - 4 -Amorphous
 - 5 - Semi-Crystalline

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می شود . در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و /یا تجدید نظر، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی این مدارک مورد نظر این است . معهدا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند . در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و /یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و /یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است . استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۱۸۵ سال ۱۳۸۳، راهنمای آنالیز و شناسایی پلیمرها

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۴۴ سال ۱۳۸۴ ، پلیمرها-تعیین دماهای انتقال به روش گرماسنجی روشی تفاضلی-روش آزمون

2-3 ASTM D4065:95(2000), Determining and Reporting Dynamic Mechanical Properties of Plastics.

2-4 ASTM D4092:95(2000), Standard Terminology Relating to Dynamic Mechanical Measurements on Plastics.

۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۳ دستگاه آنالیز دینامیک-مکانیکی

وسیله ای است که برای مطالعه رفتار ویسکوالاستیک آزمونه تحت نیروی سینوسی به کار می رود . نیرو ممکن است بصورت خمشی ، کششی ، فشاری یا پیچشی باشد .

۳-۲ دمای انتقال شیشه ای

به تغییر حالت برگشت پذیر مولکولهای یک پلیمر بی شکل هنگام گرمادهی تا یک دمای مشخص اطلاق می شود که در آن ، پلیمر از حالت سخت و شکننده مشابه با شیشه به یک حالت منعطف و کشسان تبدیل می گردد.

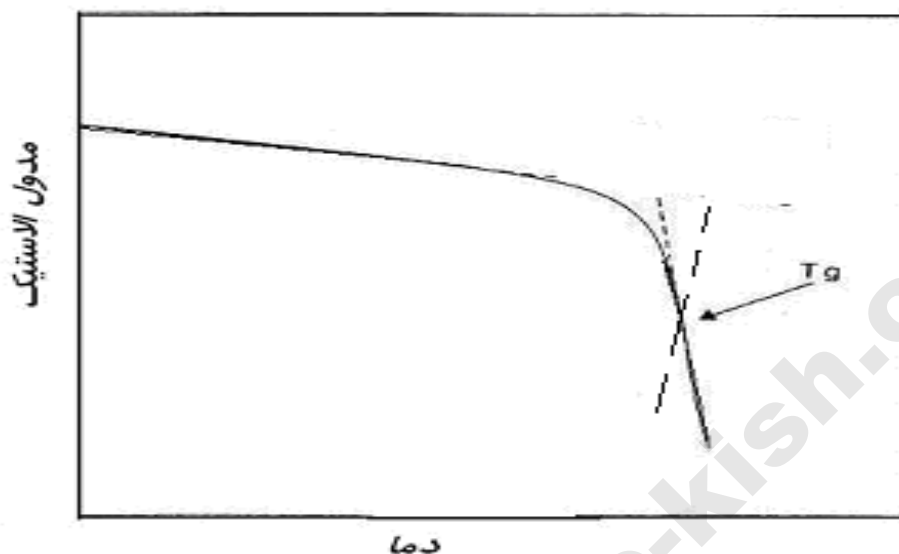
۴ اصول روش

آزمونه با ابعاد مشخصی در دستگاه، تحت تنش با فرکانس ثابت یا متغیر قرار می گیرد و رفتار ویسکوالاستیک ماده به صورت تابعی از دما ، پایش^۱ می شود. ناحیه انتقال شیشه ای به صورت کاهش ناگهانی در مدول کشسانی و افزایش ناگهانی در مدول اتلافی پدیدار می شود. در منحنی افت مدول ، دمای انتقال شیشه ای معادل نقطه عطف منحنی است (شکل ۱ را ببینید).

۵ نمونه برداری

۱-۵ نمونه ها باید مستطیل شکل و اندازه یکسانی داشته باشند. با توجه به مدل‌های مختلف دستگاه آنالیز دینامیک - مکانیکی، اندازه نمونه ثابت نیست اما ابعاد ۲۰*۵*۱ تا ۵۰*۱۰*۱ میلی متر مناسب است .

۲-۵ چنانچه عملیات حرارتی برای آزمونه انجام شده باشد، چگونگی آن باید در گزارش آزمون قید شود .



شکل ۱- مدول ذخیره (الاستیک)

۶ وسایل لازم

۱-۶ دستگاه آنالیز دینامیک - مکانیکی که می توان از یکی از چند حالت ذکر شده در

جدول ۱ استفاده نمود. دستگاه باید شامل اجزاء ذیل باشد:

۱-۱-۶ گیره های نگهدارنده آزمون

۲-۱-۶ کنترل کننده دما و ممفزه ، برای کنترل دمای آزمون (سرمایش و گرمایش) با قابلیت

برنامه ریزی دما و ایجاد شرایط محیطی ثابت با دقت اندازه گیری دمای آزمون تا ± 0.5 درجه

سلسیوس

۶-۱-۳ **آشکارساز** ، برای تعیین پارامترهای مستقل و وابسته آزمون نظیر نیرو یا تنش، جابجایی یا

کرنش ، فرکانس و دما، به کار می رود. دما باید با دقت $\pm 0/5$ درجه سلسیوس ، نیرو با دقت ۱ \pm درصد و فرکانس با دقت ۱ \pm هرتز اندازه گیری شود.

۶-۱-۴ **تنش نوسانی ۱ (کرنش نوسانی) ۲**، برای اعمال تنش یا ایجاد کرنش نوسانی روی آزمون

به کار می رود، تغییر شکل می تواند با دستگاههای ارتعاش آزاد^۳، ایجاد شده و رها گردد ، یا مانند دستگاههای ارتعاش اجباری^۴، پیوسته باشد

۶-۱-۵ **ثبات** ، که قابلیت نمایش مدول کشسانی خطی یا لگاریتمی را (محور عمودی) در برابر دما

(محور افقی) دارد (محور عمودی به سمت بالا و محور افقی در جهت راست افزایش می یابد).

۶-۱-۶ **ریز سنح** ، یا هر وسیله مناسب دیگر برای تعیین ابعاد آزمون با دقت $\pm 0/1$ میلی متر.

۶-۱-۷ **سیلندر، حاوی گاز خنثی یا هوا**

۷ کالیبراسیون

کالیبراسیون دستگاه، باید براساس پیشنهاد سازنده آن انجام شود.

جدول ۱- شرایط مختلف دستگاه آنالیز دینامیک - مکانیکی

- 1 - Oscillatory Stress(Strain)
- 2- Oscillatory Strain
- 3 - Free Oscillation
- 4 -Forced Oscillation

پاسخ مکانیکی				حالت
فشاری	پیچشی	خمشی	کششی	
.....	*	نوسان میرا ^۱ / نوسان آزاد
.....	*	*	نوسان ثابت/فرکانس تشدید ^۲ / نوسان اجباری (واداشته شده)
*	*	*	*	نوسان ثابت / فرکانس ثابت / نوسان اجباری
*	*	*	نوسان ثابت / تنش کنترل شده / نوسان واداشته شده

۸ روش اجرای آزمون

۱-۸ آزمون را مطابق پیشنهاد سازنده دستگاه ببرید.

۲-۸ ضخامت، پهنا و طول آزمون را با دقت ± 0.1 میلی متر اندازه گیری کنید.

۳-۸ بیشترین دامنه کرنش باید در گستره ویسکوالاستیک خطی باشد. کرنش بهتراست کمتر از یک درصد باشد و نباید بیشتر از پنج درصد باشد (شکل ۲ را ببینید).

۴-۸ آزمون را ترجیحا با نرخ گرمایش یک درجه سلسیوس بر دقیقه و فرکانس یک هرتز انجام دهید. در صورت استفاده از نرخ گرمایش و فرکانس غیر از آن، باید در گزارش آزمون قید شود.

۵-۸ مدول کشسانی را از دمای ۳۰ درجه سلسیوس قبل از ناحیه انتقال شیشه ای مورد انتظار تا ۲۰ درجه بالای آن اندازه گیری و ثبت کنید.

-
- 1 - Decaying amplitude
2 - Resonant frequency

یادآوری ۱- برای تعیین دمای انتقال شیشه ای، در ناحیه تغییرات مشاهده شده در مدول کشسانی، از روش برون یابی استفاده می شود (گذر از ناحیه سخت^۱ و شکننده به ناحیه نرم لاستیکی).

یادآوری ۲- نمودار مدول کشسانی ممکن است در مقیاس لگاریتمی یا خطی باشد. از آن جا که دمای انتقال شیشه ای گزارش شده، ممکن است متفاوت باشد لذا مقیاس لگاریتمی یا خطی باید در گزارش قید شود.

یادآوری ۳- دمای انتقال شیشه ای که با این روش محاسبه می گردد به نرخ گرمایش و فرکانس نوسان بستگی دارد. این دو باید به قدر کافی کوچک باشند تا آزمون به حالت تعادل مکانیکی و حرارتی برسد ولی آن قدر بزرگ نباشند تا زمان آزمون طولانی شود و دمای انتقال شیشه ای ظاهری نیز در دمای بالا مشاهده شود. تغییر در زمان به اندازه ۱۰ واحد، منجر به افزایش هشت درجه سلسیوس دمای انتقال شیشه ای ظاهری می شود.

۹ بیان نتایج

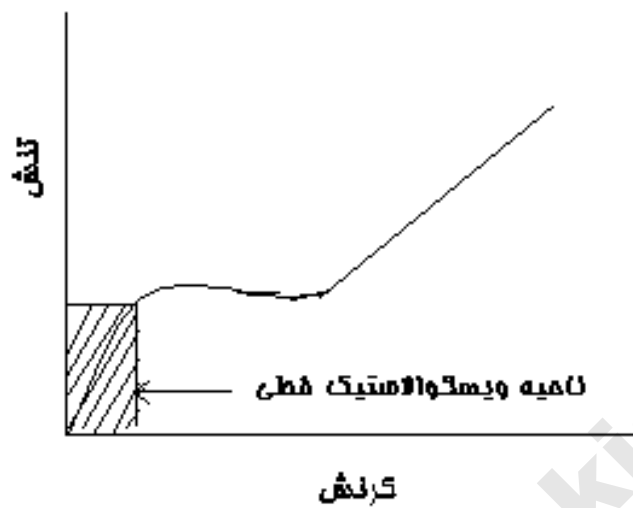
۹-۱ مطابق شکل ۱، دمای انتقال شیشه ای را از طریق تعیین نقطه عطف به دست آورید.

یادآوری - از ترسیم نمودار مدول اتلافی و $\tan \delta$ در برابر دما، دماهای T_1 و T_2 و مطابق شکل های ۳ و ۴

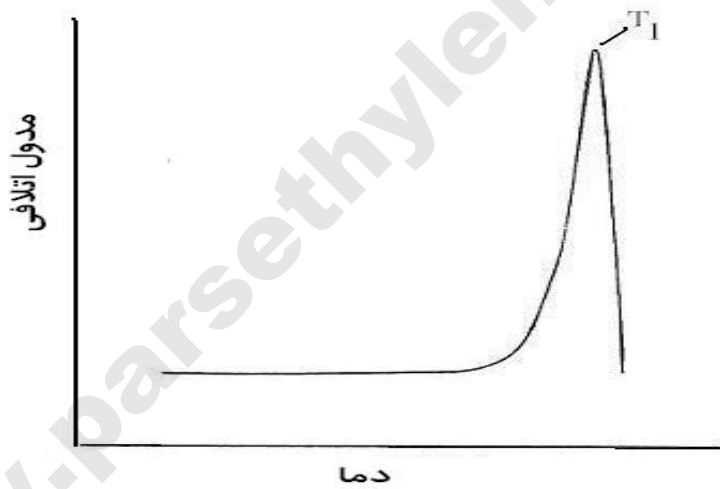
قابل اندازه گیری است ($T_g < T_1 < T_f$)

T_1 دمایی است که از نمودار مدول اتلافی در مقابل دما و T_f دمایی است که از منحنی $\tan \delta$ به

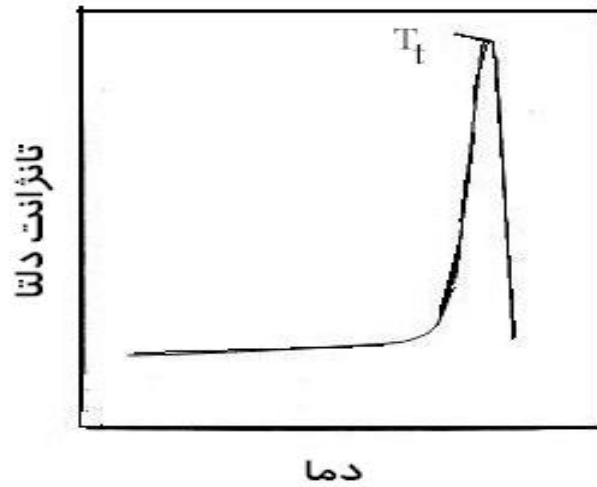
دست می آید.



شکل ۲- نمودار تنش- کرنش



شکل ۳ - مدول اتلافی - دما



- دما $\tan \delta$ شکل ۴ -

۲-۹ مقدار T_g در فرکانس یک هرتز به صورت میانگین نتایج حاصل از دو آزمون بیان می شود.

۳-۹ در سایر فرکانس ها برای تعیین دمای انتقال شیشه ای ، به صورت زیر عمل کنید:

۱-۳-۹ با استفاده از فاکتور جابجایی فرکانس k ، از پیش تعیین شده (پیوست الف)، اولین دمای تخمینی انتقال شیشه ای T_1 را برای فرکانس مورد نظر را از معادله ۱ محاسبه کنید .

$$T_1 = T + \frac{T^2}{k} \log \frac{F}{1\text{HZ}} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن:

F : فرکانس مورد نظر بر حسب هرتز،

T : دمای انتقال شیشه ای مشاهده شده در فرکانس F ، بر حسب کلوین،

T₁ : دمای انتقال شیشه ای تخمینی (در فرکانس ۱ هرتز)، کلوین،

T₁: دمای انتقال شیشه ای در فرکانس ۱ هرتز است

سپس دمای انتقال شیشه ای را مطابق معادله ۲ محاسبه کنید:

$$T_1 = T + \frac{TT_1}{k} \text{Log} \frac{F}{1\text{HZ}} \quad \text{معادله (۲)}$$

مثال :

$$k = -12.417K$$

$$F = 2\text{Hz}$$

$$T = 100^\circ\text{C} = 373^\circ\text{K}$$

$$T'_L = 373K + \frac{(373K)(373K)}{-12.417K} \text{Log} 2 = 373K - 3.37K$$

$$T'_L = 369.62K$$

$$T = 373 + \frac{(373K)(369.62K)}{-12.417K} \text{Log} 2 = 373K - 3.34K = 369.66K = 96.5^\circ\text{C}$$

۱۴-۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای اطلاعات زیر باشد :

۱-۱۴-۹ شماره استاندارد ملی ایران که آزمون بر اساس آن انجام شده است

۲-۱۴-۹ مشخصات کامل آزمون و آماده سازی و عمل آوری اولیه (در صورت آماده سازی یا عمل

آوری)

۳-۱۴-۹ توصیف ابزار مورد استفاده و روش اجرایی کالیبراسیون دما.

۴-۱۴-۹ چگونگی نمایش مدول کشسانی (خطی یا لگاریتمی).

۵-۴-۹ دمای انتقال شیشه ای محاسبه شده.

۶-۴-۹ فرکانس آزمون و چگونگی برون یابی در بیان نتایج در مقایسه با یک هرتز.

۷-۴-۹ نمودار حاصل از آزمون.

۸-۴-۹ تاریخ انجام آزمون

۹-۴-۹ نام آزمون کننده

پیوست الف

اندازه گیری فاکتور جابجایی فرکانس

(الزامی)

تعیین فاکتور جابجایی فرکانس

۱-۱ دمای انتقال را در دو (یا بیشتر) فرکانس طبق روش بیان شده در استاندارد اندازه گیری کنید.

یادآوری- برای دقت بیشتر، آزمون در دو فرکانس باید در حالت فرکانس میرا به طور جداگانه اما نزدیک یک هرتز انجام شود. برای مثال در فرکانس ۱۰-۰/۱ هرتز.

۲-۱ فاکتور جابجایی فرکانس از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$k = \frac{T_1 T_2}{T_2 T_1} \log \frac{F_1}{F_2}$$

که در آن:

k : فاکتور جابجایی فرکانس

F_1 : فرکانس مورد اندازه گیری در اندازه گیری اول بر حسب هرتز

F_2 : فرکانس اندازه گیری شده در اندازه گیری دوم بر حسب هرتز

T_1 : دمای انتقال در فرکانس اندازه گیری اول بر حسب کلوین

T_2 : دمای انتقال در اندازه گیری دوم بر حسب کلوین است.

بطور مثال:

$$k = -12,417 \text{ K} , T_1 = 373 \text{ و } T_2 = 381 \text{ و } F_1 = 10 \text{ و } F_2 = 2$$

ICS: 83.100

صفحه : ۱۲