INSO
20500-3
1st.Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۲۰۵۰۰-۳
چاپ اول
۱۳۹۴

ارتعاش و شوک مکانیکی- مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکوالاستیک- قسمت ۳: روش تیر برشی آزاد

Mechanical vibration and shock — Characterization of the dynamic mechanical properties of visco — elastic materials — part 3: Cantilever shear beam method

ICS: 17.160

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@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.org

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 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.org.ir

Website: http://www.isiri.org

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مختلط از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی 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 وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی 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.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی 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.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه 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 آن ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"ارتعاش و شوک مکانیکی- مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکو الاستیک – قسمت ۳: روش تیر برشی آزاد"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
طهوری اصل، توحید (کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک)	شرکت رایان اسکان خودرو
دبیر:	
ابراهیمی، سهیلا (کارشناسی فیزیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آقاپور، مجید (کارشناسی فیزیک کاربردی)	آزمایشگاه همکار رسا گستر آذر
اهری‌پور، نازلی (کارشناسی ارشد مهندسی متالوژی)	دانشگاه تبریز
تقی پور صفایی، رویا (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	شرکت آذر سیوان پارسیان
رام برزین، فرامرز (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
رنجبریان، لیلی (کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)	آزمایشگاه آرمان کاوشگران آزمون‌گستر
رضوی، رخساره (کارشناسی فیزیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
صادق وزیری، نریمان (کارشناسی ارشد مهندسی متالوژی)	شرکت پلیمر آریا ساسول
هادی، کاظم (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ا
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		و
پیش گفتار		ح
مقدمه		ج
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	تجهیزات آزمون (به شکل ۱ مراجعه شود)	۴
۴-۱	مولد ارتعاش الکترودینامیکی	۴
۴-۲	اندازه‌گیری نیرو	۴
۴- ۳	ترانسدیوسر جابه‌جایی	۵
۴- ۴	سیستم مهارکننده	۶
۴- ۵	محفظه محیطی	۶
۴- ۶	رایانه	۷
۵	فرایندهای عملکردی	۷
۵- ۱	نصب و آماده‌سازی نمونه	۷
۵- ۲	شرایط‌دهی	۸
۵- ۳	تحلیل تیر برشی آزاد	۹
۵- ۴	کالیبراسیون و اندازه‌گیری	۱۰
۵- ۵	تعداد نمونه آزمون	۱۰
۵- ۶	چرخه دمایی	۱۰
۶	تحلیل نتایج	۱۱
۶- ۱	برهم‌نهی زمان- دما	۱۱
۶- ۲	نمایش داده‌ها	۱۲
۶- ۳	گزارش آزمون	۱۲
پیوست الف (اطلاعاتی) خطی‌بودن مواد ارتجاعی		۱۴
پیوست ب (اطلاعاتی) برهم‌نهی زمان- دما		۱۵

پیش‌گفتار

استاندارد "ارتعاش و شوک مکانیکی- مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکوالاستیک- قسمت ۳: روش تیر برشی آزاد" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در دوی‌ست و هشتاد و چهارمی‌ن اجلاسیه کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۴/۱۲/۲۴ 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 18437-3: 2005, Mechanical vibration and shock - Characterization of the dynamic mechanical properties of visco-elastic materials - Part 3: Cantilever shear beam method

مقدمه

مواد ویسکوالاستیک[1] به‌طور گسترده برای کاهش دامنه ارتعاش در سیستم‌های سازه‌ای از طریق اتلاف انرژی یا ایزوله‌کردن اجزا به‌کار می‌روند و در کاربردهای آکوستیک[2] مورد استفاده قرار می‌گیرند که نیازمند تعدیل انعکاس، ارسال یا جذب انرژی می‌باشند. چنین سیستم‌هایی برای عملکرد با دستورالعمل بهینه، اغلب نیازمند خواص مکانیکی دینامیکی خاصی هستند. اتلاف انرژی ناشی از تعاملات در مقیاس مولکولی است و می‌توان آن را برحسب تاخیر[3]، بین تنش[4] و کرنش[5] در ماده اندازه‌گیری کرد. خواص ویسکوالاستیک (مدول و فاکتور اتلاف) اکثر مواد به بسامد، دما، و دامنه کرنش بستگی دارد. انتخاب یک ماده خاص برای یک کاربرد ارائه شده، کارآیی سیستم را تعیین می‌کند. این استاندارد جزئیات را در مورد روش تیر برشی آزاد[6] فراهم می‌کند که از خطاهای مهار بند[7]، مورد استفاده در انتهای ثابت، تجهیزات اندازه‌گیری برای انجام اندازه‌گیری و تحلیل داده‌های نتیجه شده جلوگیری می‌کند. هدف این استاندارد، کمک به کاربران این روش و فراهم کردن یکنواختی در استفاده از این روش است. این استاندارد برای رفتار خطی مشاهده شده در کرنش‌های با دامنه کم به‌کار می‌رود.

1- Visco-elastic
2 - Acoustical
3 - Lag
4 - Stress
5 - Stain
6 - Cantilerer Shear Beam Method
7 - Clamping

ارتعاش و شوک مکانیکی- مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکو الاستیک – قسمت ۳: روش تیر برشی آزاد

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعریف روش تیر برشی آزاد برای تعیین اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی خواص مکانیکی دینامیکی مواد ارتجاعی که در ایزولاتورهای ارتعاشی مورد استفاده قرار می‌گیرند است. با استفاده از دو انتهای ثابت از خطاهای رایج ناشی از مهار آزمونه جلوگیری می‌شود، بنابراین هیچ حرکت دورانی تیر در قسمت‌های انتهایی آن وجود ندارد. این استاندارد، در مورد سیستم‌های شوک و ارتعاشی کاربرد دارد که در کسری از هرتز تا حدود KHz ۲۰ عمل می‌کنند.

این استاندارد، در مورد مواد ارتجاعی کاربرد دارد که در ایزولاتورهای ارتعاشی به منظور کاهش موارد زیر به کار می‌روند:

الف - انتقال ارتعاشات ناخواسته از ماشین‌ها، سازه‌ها یا وسایل نقلیه‌ای که امواج آکوستیک را (سیال بُرد[1]، هوا بُرد[2]، سازه بُرد[3] و سایر) پخش می‌کنند؛

ب - انتقال ارتعاشات با بسامد پایین که در صورت خیلی شدید بودن، باعث آسیب‌رسانی به انسان، سازه‌ها و تجهیزات حساس می‌شوند.

داده‌های به‌دست آمده از روش‌های اندازه‌گیری که در این استاندارد ارائه شد، با شرح بیشتر در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۰۵۰۰ بیان شده، برای موارد زیر به‌کار می‌روند:

- طراحی ایزولاتورهای کارآمد ارتعاشی؛

-انتخاب ماده بهینه برای یک طرحی ارائه شده؛

- محاسبه تئوری انتقال ارتعاشات از طریق ایزولاتورها؛

- اطلاعات حین ارتقاء فرآورده؛

- اطلاعات فرآورده تهیه شده توسط تولیدکننده و تامین کننده؛

- کنترل کیفیت.

شرط صحه‌گذاری روش اندازه‌گیری، خطی‌بودن رفتار ارتعاشی ایزولاتور است. این امر شامل عناصر الاستیک با مشخصه‌های انحراف بار استاتیک غیرخطی است، به شرطی که عناصر، خطی‌بودن تقریبی را در رفتار ارتعاشی خود برای پیش‌بارگذاری استاتیکی ارائه شده، نشان دهند.

در طول دو دهه اخیر، استفاده از اندازه‌گیری‌های بسامد (نوعاً، ۰٫۳ Hz تا ۳۰ Hz)، در دماهای مختلف انجام می‌شود. با اعمال اصل برهم نهی زمان- دما، داده‌های اندازه‌گیری شده به سمت تولید خواص مکانیکی

1- Fluid-borne
2- Airborne
3 - Structure-borne

دینامیکی سوق داده می‌شود که این داده‌ها در گستره بسامدهای بسیار وسیع‌تر از اندازه‌گیری‌شده در ابتدا (نوعاً 10^{-3} Hz تا 10^{9} Hz در یک دمای مرجع تکی)، در دمای ارائه شده هستند.

یادآوری- با توجه به هدف این استاندارد، اصطلاح «خواص مکانیکی دینامیکی» به تعیین خواص الاستیک اساسی، برای مثال، مدول یانگ به شکل مختلط به عنوان تابعی از دما و بسامد و بار استاتیک، در صورت قابل اجرا بودن، اشاره می‌کند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹: سال ۱۳۹۰، شوک و ارتعاش مکانیکی- پایش وضعیت- واژه نامه

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۷۶۱۱: سال ۱۳۹۲، لاستیک وولکاینده با گرمانرم- تعیین خواص مکانیکی- قسمت ۱: راهنمای کلی

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۴۱۶: سال ۱۳۹۲، پلاستیک‌ها - تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت ۱: اصول کلی

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۲۹: سال ۱۳۸۸، آکوستیک و لرزش- اندازه‌گیری آزمایشگاهی خصوصیات انتقال لرزه آکوستیکی عناصر کشسان -قسمت ۱- اصول و رهنمودها

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۵۷: سال ۱۳۹۰، الاستیک - روش کار عمومی آماده سازی و تثبیت شرایط مورد آزمون‌ها برای روش‌های آزمون فیزیکی

2- 6 ISO 472:1999, Plastics — Vocabulary

2- 7 ISO 10112:1991, Damping materials — Graphical presentation of the complex modulus

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندراد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای ملی ایران شماره‌های۱-۱۷۶۱۱، ۱-۹۴۱۶، ۱-۹۸۲۹، ۱۴۴۵۷، ISO 472 وISO 10112، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۳-۱

مدول یانگ **young's modulus**

E*

نسبت تنش نرمال کشش یا فشاری به کرنش نرمال به‌دست آمده، یا تغییر کسری در طول است.

یادآوری ۱- واحد، پاسکال (Pa) است.

یادآوری ۲- مدول یانگ برای مواد ویسکوالاستیک، یک کمیت مختلط است که دارای یک بخش حقیقی E' و یک بخش موهومی E'' می‌باشد.

یادآوری ۳- از نظر فیزیکی، جزء حقیقی مدول یانگ نشان دهنده انرژی مکانیکی ذخیره شده الاستیکی است. مولفه موهومی اندازه‌ای از اتلاف انرژی مکانیکی است. به زیر بند ۳- ۲ مراجعه شود.

۲-۳

فاکتور اتلاف **loss factor**

نسبت بخش موهومی مدول یانگ یک ماده، به بخش حقیقی مدول یانگ یا (تانژانت آرگومان[1] مدول یانگ به شکل مختلط) است.

یادآوری- وقتی که اتلاف انرژی در یک ماده وجود دارد، کرنش، تنش را با یک زاویه فازی δ به تأخیر می‌اندازد. فاکتور اتلاف معادل با $\tan\delta$ است.

۳-۳

برهم‌نهی زمان- دما **time-temperature superposition**

اصلی که طبق آن برای مواد ویسکوالاستیک، زمان و دما هم‌ارز هستند به‌طوری‌که داده‌های ارائه شده در یک دما بر داده‌های گرفته شده در دمای دیگر، فقط با جابه‌جایی[2] منحنی‌های داده‌ای در طول محور بسامدی، برهم نهاده می‌شوند.

۴-۳

فاکتور جابه‌جایی **shift factor**

اندازه‌گیری مقدار جابه‌جایی در طول محور لگاریتمی (پایه ۱۰) بسامد برای مجموعه‌ای از داده‌ها با دمای ثابت، به منظور برهم نهی با مجموعه داده‌های دیگر است.

۵-۳

دمای انتقال شیشه **glass transition temperature**

T_g

دمایی که در آن یک ماده ویسکوالاستیک از حالت شیشه‌ای به حالت لاستیکی تغییر می‌کنند و مطابق با تغییر شیب نمودار حجم ویژه نسبت به دما است.

یادآوری ۱- واحد، درجه سیلسیوس (°C) است.

یادآوری ۲- نوعاً دمای انتقال شیشه، از نمودار نقطه عطف گرمای ویژه نسبت به دما تعیین می‌شود و خاصیت ذاتی ماده را نمایش می‌دهد.

1- Argumens
2- Shift

یادآوری ۳- T_g در فاکتور اتلاف مکانیکی دینامیکی، پیک نیست. پیک در دمای بالاتر از T_g روی می‌دهد و با بسامد اندازه‌گیری، تغییر می‌کند، از این رو، T_g یک خاصیت ذاتی ماده نیست.

۶-۳

ماده ارتجاعی **resilient material**

ماده‌ای ویسکوالاستیک که انتقال ارتعاش، شوک یا نوفه را کاهش می‌دهد.

یادآوری ۱- این ماده گاهی به یک تکیه‌گاه الاستیک، ایزولاتور ارتعاشی، حامل شوک، جذب و یا قطع کننده ارتباط اشاره می‌کند.

یادآوری ۲- ممکن است، کاهش توسط ماده‌ی کارکننده در کشش، تراکم، پیچش و برش ماده و یا ترکیبی از این‌ها باشد.

۷-۳

خطی بودن **linearity**

خاصیت رفتار دینامیکی یک ماده ارتجاعی، در صورتی‌که اصل برهم‌نهی را برآورده کند.

یادآوری ۱- اصل برهم نهی به این صورت بیان می‌شود: اگر ورودی $x_1(t)$ یک خروجی $y_1(t)$ را ایجاد کند و در آزمون جداگانه‌ای ورودی $x_2(t)$ یک خروجی $y_2(t)$ را ایجاد کند، در صورتی‌که ورودی $\alpha\ x_1(t) + \beta\ x_2(t)$ خروجی $\alpha\ y_1(t) + \beta\ y_2(t)$ را تولید کند، اصل برهم‌نهی اجرا شده است. این امر برای همه مقادیر α، β و $x_2(t)$ و $x_1(t)$ اجرا می‌شود که در آن α و β مقادیر ثابت اختیاری هستند.

یادآوری ۲- در عمل، آزمون فوق برای خطی‌بودن، عملی نیست. اندازه‌گیری مدول دینامیکی برای گستره‌ای از سطوح ورودی می‌تواند یک بررسی محدود از خطی‌بودن را فراهم کند. برای یک پیش بارگذاری خاص، اگر مدول انتقال دینامیکی، به‌طور اسمی تغییرناپذیر باشد، اندازه‌گیری سیستم ، خطی در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه، این روش اجرایی، رابطه نسبی بین پاسخ و تحریک را بررسی می‌کند.

۴ تجهیزات آزمون (به شکل ۱ مراجعه شود)

۱-۴ مولد ارتعاش الکترودینامیکی

مولد ارتعاش، کرنش برشی تیر آزاد موج سینوسی را بر تیر نمونه در بسامد منتخب القاء می‌کند. یک مولد ارتعاش الکترودینامیکی، با مشخصه‌های زیر، برای فراهم کردن نیروی محرکه برای آزمونه در یک آزمون نوعی، مورد نیاز است:

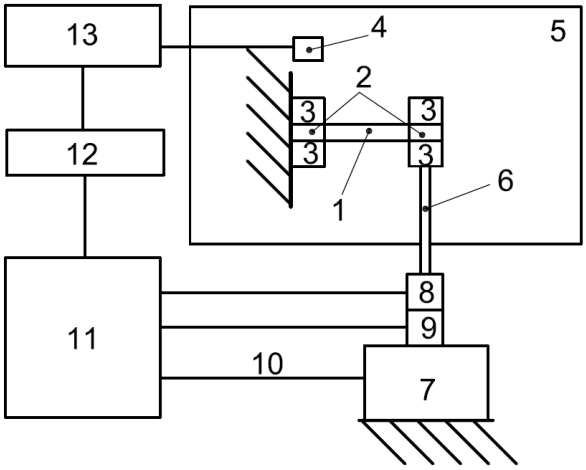
- گستره بسامد: ۰٫۳ Hz تا ۳۰Hz؛
- نیروی اعمالی بزرگتر از ۱۰N؛
- دامنه تقریبا معادل ۱۰۰ µm.

۲-۴ اندازه‌گیری نیرو

نوعاً نیرو با اندازه‌گیری دامنه و فاز محرک معمول مولد ارتعاش الکترودینامیکی به‌دست می‌آید. نیرو باید با استفاده از یک جرم معین کالیبره شود. ویژگی‌های زیر اعمال می‌شود:

گستره بسامد: ۰٫۳ Hz تا ۳۰ Hz؛

عدم قطعیت: کمتر از ۰٫۵ درصد.



راهنما:

1 آزمونه تیر
2 بلوک‌های انتهایی آزمونه
3 مهارکننده آزمونه
4 پراب دما
5 محفظه محیطی
6 شفت محرک
7 مولد ارتعاش الکترودینامیکی
8 حس‌گر نیرو
9 حس‌گر جابه‌جایی
10 ورودی محرک
11 دستگاه‌های کنترلی برای واحدهای نیرو، جابه‌جایی و رانش
12 رایانه
13 پراب دما

یادآوری- شفت محرک سفت و سخت به مهارکننده نمونه و مولد ارتعاش متصل‌شده پس، حرکت مربوط به تیر برشی است.

شکل ۱- شمای دستگاه آزمون

۳-۴ ترانسدیوسر جابه‌جایی

برای حذف اثرات اینرسی[1]، باید از یک حس‌گر غیرتماسی (نوعاً از نوع جریان گردابی یا رمزگذار[2] نوری که به‌طور مناسب کالیبره شده) با ویژگی‌های زیر برای اندازه‌گیری جابه‌جایی مجموعه، دامنه و فاز آزمونه، استفاده شود:

- گستره بسامد: ۰٫۳ Hz تا ۳۰ Hz؛
- عدم قطعیت: کمتر از ۰٫۵ درصد.

1- Inertial
2- Encoder

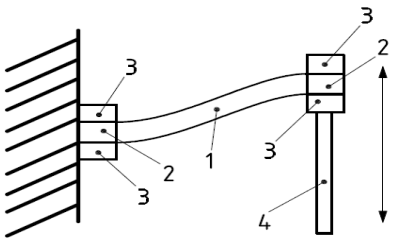
۴-۴ سیستم مهارکننده

یک انتهای آزمونه با استفاده از بلوک انتهایی متصل شده، به‌صورت صلب به یک چارچوب مهار شده است (به زیر بند ۵-۱ مراجعه شود). بلوک انتهایی محرک که از طریق یک شفت[1] صلب توسط چفت و بستی مهار شده، با یک مولد ارتعاش الکترودینامیکی به‌کار می‌افتد.

صلبیت شفت و بست مهارکننده، باید صدها برابر سفتی خمشی آزمونه باشد به‌طوری که ممکن است، همه جابه‌جایی‌های اندازه‌گیری شده، به تغییر شکل نمونه نسبت داده شود.

این سیستم مهارکننده اطمینان می‌دهد که حرکت نمونه محدود به مُد تیر برشی آزاد با قسمت‌های انتهایی ثابت- ثابت می‌باشد. شکل ۲، مد تغییر شکل مورد نیاز را نشان می‌دهد.

در حالی‌که در گذشته استفاده از بلوک‌های انتهایی رایج نبود، استفاده از آن‌ها برای به‌دست آوردن نتایج تجدیدپذیر و معتبر، ضروری تشخیص داده شده است.



راهنما:

1 آزمونه تیر
2 بلوک‌های انتهایی آزمونه
3 مهارکننده آزمونه
4 شفت محرک

شکل ۲- شمای تغییر شکل نمونه

۴-۵ محفظه شرایط محیطی

برای خنک کردن نمونه آزمون تا دمایی کمتر از دمای اتاق، یک محفظه شرایط محیطی مورد نیاز می‌باشد. این دما باید تا زمانی حفظ شود که نمونه به حالت تعادل برسد. سپس دمای نمونه باید با افزایش C □ ۵ افزایش یابد. بهتر است محفظه قابلیت عملکرد در گستره دمایی از C □ ۶۰- تا C □ ۷۰ را داشته باشد و در دمای C □ ۰٫۵ قابل‌کنترل باشد. حس‌گر دما باید به طور مناسب کالیبره شده باشد.

یادآوری ۱- گستره دمایی مورد نیاز که برای یک ماده ویسکوالاستیک مناسب است، دارای دمای انتقال شیشه بیش از C □ ۴۵ می‌باشد. موادی که دارای دماهای انتقال شیشه کمتری هستند، به نقطه دمای شروع کمتری نیاز دارد.

یادآوری ۲- بعضی از مواد به رطوبت حساس هستند و ممکن است کنترل یا دست‌کم، ثبت رطوبت نسبی در محفظه، برای آن‌ها مطلوب باشد.

1- Drive Shaft

۶-۴ رایانه

استفاده از یک رایانه برای خودکار کردن کالیبراسیون، کسب و پردازش داده‌ها، مفید است.

۵ روش‌های اجرایی عملیاتی

۵-۱ نصب و آماده سازی نمونه

۵-۱-۱ کلیات

آزمونه‌های آزمون نوعاً از یک ورق قالبی یا ریخته شده به ضخامت دلخواه با استفاده از یک تیغه یا اره نواری کوچک بریده می‌شوند. مشخص شده که براده‌برداری[1] آزمونه‌ها از یک نمونه ضخیم‌تر، غالبا بر خواص ماده تأثیر می‌گذارد. آزمونه‌ها باید در طول هر محور، یکنواخت باشند و هر دو انتها، باید چهارگوش باشد تا چسبندگی آن را به بلوک‌های انتهایی افزایش دهد. ابعاد آزمونه به دستگاه خاص و سفتی نمونه بستگی دارد. یک آزمونه نوعی دارای ابعاد ۳ mm × ۱۰ mm × ۱۵ mm می‌باشد.

قبل از اتصال آزمونه به بلوک‌های نصب‌کننده، باید سه خاصیت آزمونه که در تحلیل‌ها مورد نیاز می‌باشد، اندازه‌گیری شود. مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۵۷، طول، عرض و ضخامت را تا چهار رقم معنی دار تعیین کنید. ابعاد باید در سه محل در طول هر محور اندازه‌گیری شود و سپس میانگین‌گیری انجام شود.

۵-۱-۲ بلوک‌های انتهایی آزمونه

بلوک‌های انتهایی فولادی یا آلومینیومی، به انتهای آزمونه به منظور مهارسازی، متصل می‌شوند. ابعاد واقعی بلوک انتهایی با پیکربندی بست مهارکننده، تغییر می‌کند، اما ابعاد نوعی برای آزمونه در زیر بند۵ -۱-۱، به صورت ۵ mm × ۱۵ mm × ۲۰ mm می‌باشد.

۵-۱-۳ آماده سازی آزمونه

آزمونه با استفاده از یک چسب محکم به بلوک‌های انتهایی وصل می‌شود. مدول الاستیک چسب باید بیشتر از مدول الاستیک آزمونه باشد و باید در گستره دمای آزمایشی ثابت باشد. چسب‌های اپوکسی[2]، اورتان[3] و سیانواکریلات[4] با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. قبل از اتصال، بهتر است بلوک‌های انتهایی با الکل فله‌ای یا پاک‌کننده‌های روغن دیگر تمیز شوند تا قدرت چسبندگی آن‌ها افزایش یابد. پس از پخت چسب باید چسب اضافی به‌دقت پاک شود و باید دقت شود تا از بریده شدن آزمونه یا آسیب‌رسانی به اتصال بلوک انتهایی جلوگیری شود.

۵-۱-۴ نصب آزمونه

آزمونه باید به‌صورتی که در شکل ۱، نشان داده شده، بر روی بست مهارکننده نصب شود. هیچ راهنمایی برای بست مهارکننده وجود ندارد، به‌جز این‌که توصیه می‌شود به اندازه کافی محکم باشد تا تغییر شکل

1 - Machining
2 - Epoxy
3 - Urethane
4 - Cyanoacryle

دلخواه تضمین شود. آزمونه باید در بست چنان قرار گیرد، که مهارکننده‌ها با فقط بلوک‌های انتهایی در تماس باشند. بست‌ها باید به اندازه کافی محکم شوند تا از لغزش و افتادن نمونه جلوگیری شود.

۵-۲ شرایط‌دهی

۵-۲-۱ انبارش

تأخیر زمانی بین نصب یا ولکانش، آزمون و پیش‌شرایط‌دهی نمونه‌ها باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۵۷، باشد.

۵-۲-۲ دما

قطعات آزمون باید قبل از هر توالی آزمون از نظر حرارتی شرایط‌دهی شوند. در هر دمای آزمون، ضروری است که هر قطعه آزمون به‌مدت کافی آماده‌سازی شود تا به حالت تعادل برسد، اما شرایط‌دهی به‌ویژه در دماهای بالاتر، نباید طولانی‌تر از زمان لازم، به طول انجامد، تا از اثرات پیرشدگی جلوگیری شود. زمان شرایط‌دهی به ابعاد قطعه آزمون و دما بستگی خواهد داشت. راهنمایی‌های لازم در استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۵۷، ارائه شده است.

۵-۲-۳ شرایط‌دهی مکانیکی

عموما از شرایط‌دهی مکانیکی چشم‌پوشی می‌شود، زیرا فقط کرنش تکی بسیار کوچکی در کاربردهای ارتعاش آزاد به‌کار می‌رود. برای کرنش‌های بزرگتر، خواص ویسکوالاستیک دینامیکی بسیاری از مواد ارتجاعی، به میزان کرنش و بیشینه دمایی، بسیار وابسته می‌باشد. برای چنین موادی، توصیه می‌شود که برای به‌دست آوردن نتایج سازگار و تجدیدپذیر، قطعات آزمون از پیش شرایط‌دهی شوند. قطعات مورد آزمون باید قبل از آزمون شرایط‌دهی مکانیکی شوند، تا ساختار برگشت ناپذیر[1] حذف شود. شرایط‌دهی باید شامل حداقل شش دوره، در دما و کرنش بیشینه مورد استفاده در سری‌های آزمون باشد. بین آماده‌سازی مکانیکی و آزمون، حداقل ۱۲ساعت دوره استراحت لازم است تا به ساختار برگشت‌پذیر اجازه تعادل داده شود.

۵-۲-۴ شرایط‌دهی رطوبت

رطوبت بر خواص فیزیکی بسیاری از مواد ارتجاعی، به ویژه اورتان‌ها تأثیر می‌گذارد. برای اطمینان از این‌که اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط تجدیدپذیر انجام شده، نمونه‌ها باید قبل از آزمون، در یک محیط رطوبتی کنترل شده به مدت یک هفته انبار شوند. رطوبت کنترل شده با نگهداری نمونه در یک ظرف بسته به‌دست می‌آید که دارای رطوبت نسبی ٪۵۰ الی ٪۵۵ است. دمای ظرف باید در طول دوره شرایط‌دهی بین $20^{\circ}C$ و $25^{\circ}C$ کنترل شود. راهنماهای لازم در استاندارد ISO 483 ارائه شده است.

1- Irreversible

۳-۵ تحلیل تیر برشی آزاد

اصل پایه عملکرد اسباب تیر برشی آزاد تکی، همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده، تعیین نیروی مورد نیاز برای القای جابه‌جایی قابل اندازه‌گیری آزمونه است. از آن‌جایی که میزان جابه‌جایی به مدول آزمونه بستگی دارد، ممکن است، این مقدار به‌وسیله رابطه نیرو با جابه‌جایی، با استفاده از معادله زیر محاسبه شود:

$$F \sin(\omega . t) = M \frac{d^2 x}{dt^2} + \left(\gamma + \frac{S''}{\omega} + \frac{kE''}{\omega} \right) \frac{dx}{dt} + (S'' + kE')x \quad (۱)$$

که در آن:

F نیروی پیک اعمال شده بر آزمونه (N)؛

$x(t)$ جابه‌جایی محوری شفت محرک (m)؛

$w = ۲\pi f$ بسامد زاویه‌ای (rad/s)؛

M جرم سیستم در حال ارتعاش (Kg)؛

E' و E'' مولفه‌های حقیقی و موهومی مدول یانگ آزمونه (pa)؛

S'' و S' مولفه‌های حقیقی و موهومی سفتی سیستم تعیین شده با کالیبراسیون (pa)؛

γ ضریب میرایی ویسکوز، که تا حد زیادی هوای سیستم است (با کالیبراسیون تعیین می‌شود)؛

K $k = \omega (t/l)^۳ / [۱ + ۲(۱ + \sigma)(t/l)^۲]$ یک فاکتور هندسی نمونه است (m)،

که در آن:

ω عرض آزمونه (m)؛

t ضخامت آزمونه (m)؛

l طول آزمونه (m)؛

σ نسبت پوآسون برای آزمونه است (نوعاً برای الاستومرها ۰٫۴۵ تا ۰٫۴۹ فرض شود).

با تعریف مدول یانگ به شکل مختلط به صورت زیر:

$$E^* = E' + iE'' = E'(۱ + i\eta) \quad (۲)$$

راه حل معادله ۱، به ترتیب مدول‌های الاستیک و اتلاف E' و E'' را می‌دهد:

$$kE' = K \cos\beta + M\omega^۲ - S' \quad (۳)$$

$$kE'' = K \sin\beta - S'' - \omega\gamma \quad (۴)$$

که در آن:

β تاخیر فازی بین تنش و کرنش است، شامل هم ماده و هم مولفه‌های دستگاه‌های آزمون؛

$K = F / x$ سفتی موثر آزمونه ارزیابی شده در مقادیر پیک؛

$\eta = E'' / E'$ فاکتور اتلاف آزمونه است.

یادآوری۱- فاکتور اتلاف η، گاهی همان طور که اشاره شده، $\tan\delta$، است.

یادآوری۲- اگر نسبت t/l کم باشد، خطای در k، ناشی از مقدار نسبت پوآسون، کوچک خواهد بود.

۴-۵ کالیبراسیون و اندازه‌گیری

نخستین مرحله در فرایند اندازه‌گیری، باید تعیین سفتی مجموعه تعلیق مولد ارتعاش و ضریب میرایی ویسکوز با انجام اندازه‌گیری‌های بدون آزمونه یعنی $E' = E'' = 0$ باشد. اندازه‌گیری‌ها باید با و بدون بلوک انتهایی (که به عنوان جرم افزوده عمل می‌کند) و در بسامدهای پایین و بالا انجام می‌شود که نوعاً ۱ Hz و ۳۰ Hz می‌باشد. با چهار اندازه‌گیری، ثابت‌ها برای مولفه‌های حقیقی و موهومی سفتی سیستم و ضریب میرایی ویسکوز باید با استفاده از معادله ۱، تعیین می‌شود. اندازه‌گیری‌ها باید ده بار، در هر وضعیت تکرار شود و سپس میانگین‌گیری شود. مقادیر میانگین باید کالیبراسیون دستگاه را شکل دهد. کالیبراسیون مجدد برای سفتی مجموعه سیستم و ضریب میرایی ویسکوز باید به‌طور روزانه انجام شود.

در هر صورت، با استفاده از ترازو، جرم سیستم ارتعاشی بر حسب واحد کیلوگرم را، تا چهار رقم معنی‌دار تعیین کنید.

وقتی که دستگاه کالیبره شد، اندازه‌گیری‌ها باید با آزمونه نصب‌شده، به همان صورتی که در زیر بند ۵-۱ مشخص شده انجام شود. برای به‌دست آوردن کرنش یا جابه‌جایی خاص که نوعاً ۶۴ μm می‌باشد، به آزمونه نیرو اعمال می‌شود. این کار در تعدادی از بسامدهای مجزا، به طور نوعی، ۰٫۳ Hz، ۱ Hz، ۳ Hz، ۱۰ Hz و ۳۰ Hz و در دماهای منتخب برای ارزیابی تکرار می‌شود. معادله ۱، با مقدار k برای فاکتور هندسی آزمونه، باید برای تعیین مدول یانگ به شکل مختلط، در هر بسامد و دما به‌کار رود.

یک زیر مجموعه از داده‌ها باید تعدادی از بسامد را داشته باشد که نوعاً شامل دو دهه در دمای مجزا است. تعیین کامل خواص مکانیکی دینامیکی ماده ارتجاعی باید شامل تعدادی از زیر مجموعه‌هایی باشد که شامل دماهایی از ناحیه لاستیکی به شیشه‌ای هستند.

یادآوری- مشخصه‌های گستره سفتی و بسامد برای این ابزار، بسته به گستره مدول الاستیکی مطلوب و ابعاد آزمونه تغییر می‌کند. به‌هر حال، این گستره‌ها به عنوان مرجع ارائه می‌شوند: گستره مدول یانگ: ۰٫۱ MPa تا ۳ GPa؛ گستره سفتی: N/m ۹۰ تا N/m ۱۵؛ گستره فرکانس: ۰٫۳ Hz تا ۳۰ Hz.

۵-۵ تعداد نمونه آزمون

برای به‌دست‌آوردن نشانی از تغییرپذیری ماده، توصیه می‌شود که حداقل سه نمونه معرف، تحت آزمون قرار گیرند.

۶-۵ چرخه[1] دمایی

اندازه‌گیری‌ها با استفاده از چرخه دمایی زیر، نوعاً در گستره ۶۰ °C - تا ۷۰ °C، انجام می‌شوند.

- آزمونه نصب شده بر روی دستگاه آزمون را تا ۶۰ °C- سرد کنید.
- پس از رسیدن به حالت تعادل، آزمونه را در دمای ۰٫۱ ±°C برای حداقل ۱۵ دقیقه، قبل از انجام هر اندازه‌گیری، نگه دارید.

1- Cycle

- پس از هر مجموعه اندازه‌گیری، دما را تا حدود C □ ۵ افزایش دهید.
- قبل از انجام اندازه‌گیری‌های بعدی و پس از رسیدن دمای هوا به دمای تعادل جدید در C□ ۰/۱ ± ، اجازه دهید حداقل ۶ دقیقه سپری شود.

۶ تحلیل نتایج

۶-۱ برهم‌نهی زمان- دما

نمودار بسامد کاهشی برای مدول و داده‌های فاکتور اتلاف، را به روش زیر ترسیم کنید:

الف- نمودار گرافیکی بخش حقیقی مدول را، به عنوان تابعی از بسامد لگاریتمی پایه ۱۰، برای هر دما ترسیم کنید.

ب- دمای، T_0، را به عنوان دمای مرجع انتخاب کنید که در آن بخش حقیقی مدول، بیشترین شیب بسامد را دارد.

پ- با ثابت نگه‌داشتن داده‌ها در دمای، T_0، بخش حقیقی داده‌های مدول را برای دماهای دیگر، به‌طور متوالی، در طول محور بسامد لگاریتمی، جابه‌جا کنید تا زمانی‌که هر نمودار تا حدی با داده‌های قبلی هم پوشانی داشته باشد. با به حداقل رساندن مجموع مربعات تفاوت‌های میان مجموعه‌های داده‌ها در دماهای مختلف، بهترین تطابق هم‌پوشانی را به‌دست آورید. میزان جابه‌جایی موردنیاز در هر دما، به فاکتور جابه-جایی، a_T، معروف است.

یادآوری ۱- به‌جای فاکتور اتلاف، بخش حقیقی مدول برای جابه‌جا شدن، انتخاب می‌شود، زیرا بخش حقیقی مدول با صحت بیشتری اندازه‌گیری شده است و پراکندگی کمتری نسبت به فاکتور اتلاف دارد.

ت- داده‌های فاکتور اتلاف را با استفاده از همان فاکتور جابه‌جایی، جابه‌جا کنید ، که برای بخش حقیقی مدول تعیین شده است.

یادآوری۲- ماده‌ای که برای آن برهم نهی زمان- دما کاربرد دارد، از نظر ترمورئولوژیکالی[1] ساده نامیده می‌شود. ماده‌ای که به علت انتقالات متعدد یا بلور شدن، قادر به انطباق نیست، از نظر ترمورئولوژیکی مختلط می‌باشد.

ث- نمودارهای نتیجه شده از بخش حقیقی مدول و فاکتور اتلاف به‌عنوان تابعی از بسامد لگاریتمی جابه‌جا شده، در دمای مرجع، T_0، به منحنی‌های اصلی معروفند و گستره بسامدی بیشتری را نسبت به بسامد اندازه‌گیری شده، پوشش می‌دهند.

یادآوری۳- برای یک ماده ارتجاعی نوعی، گستره بسامد جابه‌جا شده ، ممکن است، به بزرگی 10^{-3} Hz تا 10^{-9} Hz باشد.

ج- نمودار لگاریتم نپری فاکتور جابه‌جایی را در دمای، a_T، را به‌عنوان تابعی از دما رسم کنید. این داده‌ها را در معادله ویلیامز[2]، لاندل[3] و فری[4] با علامت اختصاری (WLF) قرار دهید.

1 - Thermorheologically
2- Williams
3 - Landel
4- Ferry

$$In\ a_T = \frac{-c_{1\cdot}\ (T - T_\circ)}{(c_{2\cdot} + T - T_\circ)} \qquad (۵)$$

که در آن $c_{1\cdot}$ و $c_{2\cdot}$ مقادیر ثابت برای پلیمر ارائه شده هستند و اندیس صفر به دمای مرجع $T_\circ$ اشاره می‌کند که در آن، معادله ارزیابی می‌شود.

چ- منحنی‌های اصلی در دمای مرجع، $T_\circ$، به صورت زیر به دماهای مرجع دیگر، T_{ref} به صورت زیر تغییر می‌یابند. تغییر لگاریتمی در بسامد را، مطابق با تغییر دما از $T_\circ$ به T_{ref}، با ارزیابی معادله (۵) در دمای T_{ref}، تعیین کنید. این تغییر لگاریتمی در بسامد را از مقادیر بسامدهای لگاریتمی، مطابق با هر یک از نقاط داده‌های به‌دست آمده در $T_\circ$، کم کنید. نموداری که با استفاده از بسامدهای جدید بدست آمده، منحنی اصلی برای T_{ref} می‌باشد.

یادآوری ۴- حد پایینی در انتخاب دمای مرجع، تقریبا معادل با دمای انتقال شیشه، T_g، می‌باشد در حالی‌که حد بالایی برابر با، T_g، به‌اضافه C□ ۱۰۰ است. این حد بالایی برای پلیمرهای مختلف، متفاوت است. علت وجود محدوده‌ها این است که معادله WLF فقط در ناحیه انتقال شیشه‌ای کاربرد دارد.

۶-۲ نمایش داده‌ها

داده‌های حاصل از روش‌های این استاندارد، باید در سه نمودار ارائه شوند:

الف- لگاریتم پایه ۱۰ فاکتور اتلاف در مقابل لگاریتم پایه ۱۰ بخش حقیقی مدول؛

ب- فاکتور جابه‌جایی در مقابل دما؛

پ- منحنی‌های اصلی لگاریتم پایه ۱۰ بخش حقیقی پایه مدول و لگاریتم پایه ۱۰ فاکتور اتلاف در مقابل لگاریتمی پایه ۱۰ بسامد در دمای مرجع تعیین شده است، ممکن است استفاده از دمای اتاق برای دمای مرجع استفاده شود.

یادآوری- نمودار فاکتور اتلاف لگاریتمی در مقابل بخش حقیقی لگاریتمی مدول، شامل همه داده‌ها بدون در نظر گرفتن دما یا بسامد می‌باشد. این نمودار نشانی از سازگاری داده‌ها است. نقاطی که در روی منحنی قرار ندارند، مشکوک هستند و امکان نادیده گرفتن آن‌ها وجود دارد. با توجه به شکل " U"، معکوس این نمودار، گاهی به‌عنوان نمودار ویکت[1] نیز اشاره می‌کند.

برای افزایش یکنواختی و سادگی تفسیر داده‌ها در دماهایی غیر از دمای مرجع، توصیه می‌شود که منحنی‌های اصلی بخش‌های حقیقی و موهومی مدول و فاکتور اتلاف، به صورت یک نمودار محاسباتی[2] با استفاده از روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۱۲، نمایش داده شوند.

۶-۳ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد؛

ب- همه جزئیات ضروری برای شناسایی کامل ماده مورد آزمون از جمله نوع، منبع، شماره سریال[1] کارخانه، فرم و سابقه قبلی، در صورت مشخص بودن؛

1- Wicket
2- Nomogram

پ- در صورت قابل اجرا بودن، دستورالعمل هر خصوصیت غیریکنواخت نمونه آزمون؛
ت- تاریخ آزمون؛
ث- شکل و ابعاد نمونه آزمون؛
ج- روش آماده سازی نمونه‌های آزمون؛
چ- جزئیات شرایط‌دهی نمونه‌های آزمون ؛
ح- تعداد آزمونه‌های تحت آزمون؛
خ- جزئیات جوی آزمون از جمله رطوبت؛
د- توصیف اسباب مورد استفاده برای آزمون؛
ذ- توالی دمای به‌کار رفته، در آزمون، شامل دمای اولیه و نهایی و نیز نرخ تغییر خطی در دما یا اندازه و استمرار مراحل دما؛
ر- جدولی از نتایج آزمون، شامل بخش‌های حقیقی و موهومی مدول و فاکتور اتلاف در مقابل بسامد در هر دمای آزمون؛
ز- مدول و فاکتور اتلاف در مقابل نمودارهای بسامد و به صورت تعیین شده در زیر بند ۶-۲؛
- نام و نام‌خانوادگی و امضای آزمون‌گر.

1- Code number

پیوست الف

(اطلاعاتی)

خطی‌بودن مواد ارتجاعی

اصولا خواص دینامیکی ایزولاتور ارتعاشی آکوستیک به پیش‌بارگذاری استاتیک، دامنه ارتعاش، بسامد و دما بستگی دارد. فرضیه خطی‌بودن، اشاره بر این دارد که اصل برهم‌نهی رعایت شده و سفتی دینامیکی در بسامد ارائه شده مستقل از دامنه است. در بسیاری از ایزولاتورها این فرضیه تقریبا وجود دارد که تحت پیش-بارگذاری استاتیک مناسب، میزان تغییر شکل دینامیکی در مقایسه با تغییر شکل استاتیک کم است. اما بهتر است یادآوری شود که این امر به مواد تشکیل‌دهنده ایزولاتورها بستگی دارد و با مقایسه مشخصه‌های سفتی دینامیکی برای گستره‌ای از سطوح ورودی، بهتر است یک بررسی ساده انجام شود. اگر این‌ها متغیرهای نامی باشند، در این صورت، خطی‌بودن برقرار می‌شود.

برای لاستیک بوتیل[1] (IIR)، مرجع شماره [۴] کتابنامه داده‌هایی برای مولفه هم‌فاز و زاویه فازی مدول برشی دینامیکی به عنوان تابعی از میزان کرنش و درصدی از دوره، ارائه می‌دهد. برای کرنش‌های کمتر از ۱٫۰ mm/m، مولفه هم‌فاز و زاویه فازی، به ندرت به دامنه ارتعاش بستگی دارد. اما زمانی که میزان کرنش از ۲٫۰ mm/m تجاوز می‌کند، به ویژه اگر لاستیک دارای درصد بالا از دوده باشد، کاهش قابل توجهی در سفتی دینامیکی دیده می‌شود.

بنابراین توجه به میزان کرنشی که در عمل روی می‌دهد و نیز بررسی تناسب شرایط آزمون برای آزمون ایزولاتورهای الاستیک، دارای اهمیت می‌باشد. برای کرنش‌های کمتر از ۱٫۰ mm/m، فرضیه خطی‌بودن (که برای مثال، بر سفتی مستقل از دامنه و وارونگی دلالت دارد) برآورده شود.

پایه‌های هیدرولیکی به‌ویژه برای کاربردهای تکنولوژی وسایل نقلیه موتوری، به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. هم‌چنین این نوع ایزولاتور، ممکن است یک رفتار بسیار غیرخطی نشان دهد، یعنی سفتی، شدیدا به دامنه ارتعاش بستگی دارد. به علت اهداف دوگانه آن‌ها (برای مثال، میرایی ارتعاش موتور بسامد پایین باعث تحریک جاده و ایزولاسیون امواج آکوستیک سازه برد تولید شده از موتور در بسامدهای بالاتر می‌شود)، باید دامنه‌های آزمون مناسب، برای کل گستره بسامدی موردنظر اعمال شود. (به مراجع شماره [۵] و [۸] کتابنامه مراجعه شود).

گاهی برای عدم رعایت خطی‌بودن، پیشینه‌ای وجود دارد. در چنین مواردی، اعمال بسیاری از فرایندهای توصیف شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۸۸، مفید است. گاهی ایجاب می‌کند که الزامات آزمون با توجه به پیش‌بارگذاری‌ها، دامنه‌های سیگنال و کمیت‌های اندازه‌گیری، فرمول بندی شود.

1- Butyl

پیوست ب

(اطلاعاتی)

برهم نهی زمان- دما

فرض بر این است که مجموعه‌ای از داده‌های مدول مختلط معتبر مطابق با الگوهای خوبی به‌دست آمده باشد. برای بررسی سازگاری و پراکندگی داده‌ها، همه داده‌ها را صرف‌نظر از بسامد یا دما، بر روی یک نمودار لگاریتم (فاکتور اتلاف) نسبت به لگاریتم (مدول) ترسیم کنید. عموما این نمودار، به نمودار ویکت معروف است. اگر داده‌ها معرف یک ماده از نظر ترموئولوژیکی ساده باشند و اگر داده‌ها هیچ پراکندگی نداشته باشند، در این‌صورت داده‌ها به‌صورت یک منحنی صاف و تکی ترسیم خواهند شد. چون داده‌های جابه‌جا نشده در نمودار ویکیت ترسیم شده است، بنابراین هیچ بخشی از پراکندگی در این نمودار را نمی‌توان به روش اجرایی تغییر جابه‌جایی نسبت داد.

مادامی که نمودار ویکیت در نمایش گرافیکی داده‌ها موردنیاز یا مورداستفاده نمی‌باشد، به‌عنوان نشان‌دهی کیفیتی از پراکندگی داده‌های آزمایشی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. پهنای باند داده‌ها و نیز انحراف نقاط تکی از مرکز باند، نشانه پراکندگی است: هیچ چیزی در مورد صحت اندازه‌گیری‌های دما و بسامد یا در مورد خطای سیستماتیک، مشخص نیست. اهمیت برهم نهی زمان- دما از طریق مفهوم بسامد کاهشی، نشان داده می‌شود.

به‌طور کلی، مدول یانگ به شکل مختلط ماده ویسکوالاستیک، تابعی از بسامد و دما است:

$$E^* = E^*(f, T) \qquad (ب-۱)$$

در یک ماده از نظر ترمورئولوژیکی ساده، این متغیرها فقط به عنوان حاصل‌ضرب بسامد و تابعی از دما ظاهر می‌شود که به زمان آسایش[1] معروف است.

$$E^* = E^*[f\,\tau(T)] \qquad (ب-۲)$$

بنابراین تغییر بسامد معادل با تغییر دماست. در نتیجه، این فاکتور جابه‌جایی را می‌توان به صورت نسبت زمان آسایش در دمای T به زمان آسایش در دمای مرجع، $T_\circ$، بیان کرد:

$$a_T(T) = \tau(T) / \tau(T_\circ) \qquad (ب-۳)$$

مدول مختلط را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$E^* = E^*[f\,a_T(T)\,\tau(T)] \qquad (ب-۴)$$

و بسامد کاهشی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f_R = f\,a_T(T) \qquad (ب-۵)$$

مدول مختلط را می‌توان با دو راه هم‌ارز بیان کرد:

$$E^* = E^*[f\,a_T(T)\,\tau(T_\circ)] = E^*[f_R(T_\circ)] \qquad (ب-۶)$$

1- Relaxation time

به‌طوری که مقدار مدول اندازه‌گیری‌شده در بسامد f و دمای T معادل با یک مقدار در بسامد کاهشی f_R و دمای T_0 می‌باشد. بسامد کاهشی، ممکن است بسیار بیشتر از بسامد اندازه‌گیری شده (با فاکتور a_T) باشد، زیرا اندازه‌گیری‌های انجام شده به عنوان تابعی از دما، هم‌ارز اندازه‌گیری‌های انجام شده در گستره بسامدی وسیع‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده می‌باشد.

فاکتور جابه‌جایی در این‌جا به‌صورت ریاضی و قراردادی ارائه شده است. اهمیت تابع فاکتور جابه‌جایی و منشاء نام آن را می‌توان به صورت گرافیکی نشان داد. نمودار log-log اندازه‌گیری‌های تجربی E' نسبت به بسامد ترسیم شده رابه‌عنوان مجموعه‌ای از خطوط هم‌دما را در نظر بگیرید. یک دمای هم‌دما را به عنوان دمای مرجع انتخاب کنید. بالاترین هم‌دما بعدی را می‌توان در طول محور بسامد لگاریتمی جابه‌جا کرد تا جایی‌که تا حدی با هم‌دما مرجع هم‌پوشانی داشته باشد. این فرآیند، با همه هم‌دماهای بیشتر و کمتر از هم‌دما مرجع، به صورت متوالی ادامه می‌یابد. نتیجه، نموداری از لگاریتم E' در گستره وسیعی از مقادیر بسامد کاهشی لگاریتمی است. این نمودار به نمودار اصلی معروف است. میزان جابه‌جایی موردنیاز برای ایجاد هم‌پوشانی را می‌توان به عنوان تابعی از دما ترسیم کرد. از آن‌جایی‌که این تابع با داده‌های جابه‌جایی ایجاد می‌شود، به تابع فاکتور جابه‌جایی معروف است. بنابراین، نمودار تابع فاکتور جابه‌جایی را می‌توان با معادله ویلیامز- لاندل- فری مقایسه کرد (به مراجع [۳] و [۸] کتابنامه مراجعه شود).

کاربرهای این استاندارد، که با بسط گستره بسامد اندازه‌گیری‌های خود، با جابه‌جایی زمان- دما ناآشنا هستند، برای راهنمایی بیشتر به مرجع شماره [۱۱] کتابنامه مراجعه کنند. در مرجع شماره [۱۱] کتابنامه، تئوری، داده‌های نمونه، روش جابه‌جایی، فاکتور جابه‌جایی، نمایش تحلیلی و نمایش گرافیکی آن داده‌ها به شکل یک نمودار محاسباتی بسامد - دما برای یک ماده استاندارد ارائه شده است.

کتابنامه

[1] DLUBAC, J.J., LEE, G.F., DUFFY, J.V., DEIGAN, R.J. and LEE, J.D. Sound and *Vibration Damping with Polymers*. Edited by R.D. Corsatro and L.H. Sperling, ACS Symposium Series No. 424, 1990, pp. 49-62

[2] ROARK, R.J. *Formulas for Stress and Strain*. 3rd ed. New York, McGraw-Hill 1954

[3] FERRY, J. D. *Visco-elastic Properties of Polymers*. 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 1980

[4] FREAKLEY, P. K. and PAYNE, A. R. *Theory and practice of engineering with rubber*: Applied Science Publishers, London, 1978

[5] HARTEL, V. and HOFMANN, M. *Latest design for engine mountings*. VDI-Berichte 499. Dusseldorf: VDIVerlag, **1983 (**in German**)**

[6] FLOWER, W.C. *Understanding hydraulic mounts for improved vehicle noise, vibration and ride qualities*. SAE paper 8509075. Soc. Autom. Eng., Inc., Warrendale, PA 15096, May 1985

[7] CREDE, C.E. *Vibration and Shock Isolation*. John Wiley & Sons, New York, 1951

[8] *Shock and Vibration Handbook*. 5th edition. Edited by C.M. Harris and A.G. Piersol. McGraw Hill, 2002

[9] ANSI S2.24-2001, *American National Standard Graphical Presentation of the Complex Modulus of Viscoelastic Materials*

[10] ISO 483:1988, *Plastics — Small enclosures for conditioning and testing using aqueous solutions to maintain relative humidity at constant value*

[11] ISO 18437-2:2005, *Mechanical vibration and shock — Characterization of the dynamic mechanical properties of visco-elastic materials* — Part 2: Resonance method