INSO
20500-1
1st.Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۲۰۵۰۰-۱
چاپ اول
۱۳۹۴

ارتعاش و شوک مکانیکی— مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکوالاستیک — قسمت ۱: اصول و راهنماها

Mechanical vibration and shock Characterization of the dynamic mechanical properties of visco-elastic materials — part 1: principles and guidelines

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 حوزه های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب 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 کمیسیون های 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 درصورت 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 سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل اندازه‌گیری، مؤسسه استاندارد این گونه سازمآن‌ها 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 اندازه‌گیری، 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 ویسکوالاستیک — قسمت ۱: اصول و راهنماها»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
طهوری اصل، توحید (کارشناسی ارشد 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
آهنی، پریا (کارشناسی فیزیک)	شرکت سایوان افروز غرب
اهری‌پور، نازلی (کارشناسی ارشد مهندسی متالوژی)	دانشگاه تبریز
تقی پور صفایی، رویا (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	شرکت آذر سیوان پارسیان
حسنی، رفعت (کارشناسی ارشد فیزیک)	کارشناس استاندارد
حنیفی، محمد باقر (کارشناسی مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
رام برزین، فرامرز (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

رضوی، رخساره (کارشناسی فیزیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
رنجبریان، لیلی (کارشناسی ارشد شیمی)	آزمایشگاه همکار آرمان کاوشگران آزمون گستر
سیفی، سیفاله (کارشناسی مهندسی مکانیک)	آزمایشگاه همکار صالح تبریز جاویدان
صادق وزیری، نریمان (کارشناسی ارشد مهندسی متالوژی)	شرکت پلیمر آریا ساسول
صدرالاشرافی، شهرزادالسادات (کارشناسی ارشد مهندسی نانوالکترونیک)	کارشناس استاندارد
عسگری خواه، وحید (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	مرکز آموزش علمی کاربردی شرکت کمپرسورسازی تبریز
فولادپنجه، اکبر (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
کلیبری، بهراد (کارشناسی ارشد فیزیک)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد هریس
محرم‌زاده، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان			صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد			ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد			د
پیش گفتار			ز
مقدمه			ح
۱	هدف و دامنه کاربرد		۱
۲	مراجع الزامی		۱
۳	اصطلاحات و تعاریف		۲
۳- ۱	مدول یانگ- مدول الاستیسیته		۲
۳- ۲	ضریب اتلاف		۳
۳- ۳	خطی بودن		۳
۴	اصول اندازه‌گیری		۳
۴- ۱	کلیات		۳
۴- ۲	روش تشدید		۴
۴- ۳	روش تیر برشی آزاد		۶
۴- ۴	روش سفتی دینامیکی		۷
۴- ۵	برآورد نسبت پوواسون		۱۰
۵	برهم‌نهی زمان- دما		۱۲
۶	آماده‌سازی آزمونه		۱۲
۷	انتخاب روش مناسب		۱۳
پیوست الف (اطلاعاتی)	خطی بودن مواد ارتجاعی		۱۴
پیوست ب (اطلاعاتی)	تحلیل مدارک دیگر استانداردها درباره آزمون دینامیکی		۱۵
کتابنامه			۲۱

پیش گفتار

استاندارد « ارتعاش و شوک مکانیکی— مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکوالاستیک — قسمت ۱: اصول و راهنماها » که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملّی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در دویست و هشتاد و چهارمین اجلاس 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 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 پیشرفت های 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 ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 18437-1: 2012, Mechanical vibration and shock — Characterization of the dynamic mechanical properties of visco-elastic materials — Part 1: Principles and guidelines

مقدمه

مواد ویسکوالاستیک[1] به طور گسترده برای کاهش دامنه ارتعاش در سیستم‌های سازه‌ای از طریق اتلاف انرژی یا ایزوله‌کردن اجزا به‌کار می‌روند و یا در کاربردهای اکوستیک مورد استفاده قرار می‌گیرند که نیازمند تعدیل انعکاس، ارسال یا جذب انرژی می‌باشند. چنین سیستم‌هایی برای عملکرد یک دستورالعمل بهینه، غالبا نیازمند خواص مکانیکی دینامیکی خاصی می‌باشند. اتلاف انرژی ناشی از تعاملات در مقیاس مولکولی است و می‌توان آن را برحسب تاخیر[2] بین تنش[3] و کرنش[4] در ماده اندازه گرفت. خواص ویسکوالاستیک، مدول[5] و ضریب اتلاف اکثر اکثر مواد به بسامد، دما، دامنه کرنش و پیش‌کرنش بستگی دارد. علاوه بر مدول و ضریب اتلاف، گاهی نسبت پوآسون[6] نیز یک خاصیت مهم مورد نیاز برای پیش‌بینی می‌باشد. انتخاب یک ماده خاص برای یک کاربرد ارائه شده، کارآیی سیستم را تعیین می‌کند. این استاندارد توصیف جزئیات سه روش برای مدول الاستیکی و ضریب اتلاف[7]و دو روش برای نسبت پوآسون، جزئیات ساخت هر اسباب[8]، گستره اندازه‌گیری و محدودیت‌های هر اسباب اسباب را ارائه می‌دهد. این استاندارد برای رفتار خطی مشاهده شده در کرنش‌های با دامنه کم به‌کار می‌رود.

1- Visco-elastic
2- Lag
3- Stress
4 - Strain
5 - Modulus
6 - Poisson
7- Loss factor
8- Apparatus

ارتعاش و شوک مکانیکی— مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی مواد ویسکوالاستیک — قسمت ۱: اصول و راهنماها

۱ دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین اصولی برای مشخص کردن خواص مکانیکی دینامیکی (به‌عنوان مثال مدول الاستیکی، مدول بالک[1]، مدول برشی[2]، ضریب اتلاف و نسبت پوآسون) مواد ارتجاعی ویسکوالاستیک همگن است است که در ایزولاتورهای[3] ارتعاشی از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی استفاده شده است.

این استاندارد در مورد مواد ارتجاعی همگن کاربرد دارد که در ایزولاتورهای ارتعاشی به منظور کاهش موارد زیر استفاده می‌شود:

الف- ارسال ارتعاشات با بسامد صوتی به سازه‌ای که برای مثال می‌تواند امواج صوتی سیال‌بُرد[4] (هوابرد[5]، سازه‌برد[6] برد[6] و غیره) را پخش کند؛

ب- ارسال ارتعاشات با بسامد خیلی پایین که برای مثال می‌تواند هنگامی‌که ارتعاش بسیار شدید است، باعث آسیب‌رسانی به انسان‌ها یا سازه‌ها و تجهیزات حساس شود؛

پ- ارسال شوک و نوفه[7].

داده‌های به‌دست آمده با روش‌های اندازه‌گیری که در این استاندارد و علاوه بر آن در استانداردهای ملی ۲-۲۰۵۰۰ و ۳-۲۰۵۰۰ و استانداردهای ISO 18437-4 و ISO 18437-5 تعیین شده، برای موارد زیر قابل استفاده است:

۱- طراحی ایزولاتورهای کارآمد برای ارتعاش؛

۲- انتخاب یک ماده ارتجاعی بهینه برای یک طرح ارائه شده؛

۳- محاسبه تئوری ارتعاش از طریق ایزولاتورها؛

۴- اطلاعات حین ارتقاء فرآورده؛

۵- اطلاعات فرآورده تهیه شده توسط سازنده و تأمین کننده؛

۶- کنترل کیفیت.

1- Bulk Modulus
2- Shear Modulus
3- Isolator
4- Fluid-borne
5- Airborne
6- Structure-borne
7- Noise

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 می شود.

در صورتی که به مدارکی 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹: سال ۱۳۹۰، ارتعاش مکانیکی، ضربه و کنترل شرایط- فرهنگ لغات

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۷۶۱۱: سال ۱۳۹۲، لاستیک، وولکاینده یا ترموپلاستیک- تعیین خواص دینامیکی- قسمت ۱: رهنمودهای کلی

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۴۱۶: سال ۱۳۹۲، ارتعاش و صوت شناسی- اندازه‌گیری آزمایشگاهی خواص انتقال ارتعاشی- صوتی عناصر ارتجاعی- قسمت ۲: روش مستقیم سختی دینامیکی فنر حامی حرکت انتقالی

۲-۴ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۵۷: سال ۱۳۹۰، لاستیک- روش‌های کلی برای آماده سازی قطعات آزمایش برای روش‌های آزمایش فیزیکی

2- 5 ISO 472, Plastics- Vocabulary

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه‌بر اصطلاحات و تعاریف تعیین‌شده در استانداردهای ملی ۴۰۱۹، ۱-۱۷۶۱۱، ۱-۹۴۱۶، ۱۴۴۵۷، و استاندارد ISO 472 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.

۳-۱

مدول یانگ- مدول الاستیسیته **young modulus- Modulus of elasticity**

E

نسبت تنش عادی به کرنش خطی است.

[منبع: استاندارد ملی ایران شماره ۴-۹۸۱۹: سال ۱۳۹۰، اصلاح شده]

یادآوری ۱- مدول یانگ بر حسب پاسکال بیان شده است.

یادآوری ۲- شکل مختلط مدول یانگ E^*، برای یک ماده ویسکوالاستیک به صورت $E^* = E' + iE''$ نمایش داده می‌شود که E' مؤلفه (الاستیک) حقیقی مدول یانگ E'' مؤلفه موهومی (مدول اتلاف) مدول یانگ می‌باشد. مؤلفه حقیقی نشانگر انرژی مکانیکی ذخیره شده الاستیکی است، درحالی‌که مؤلفه موهومی اتلاف انرژی مکانیکی است.

۲-۳

ضریب اتلاف **loss factory**

نسبت مؤلفه موهومی به مؤلفه حقیقی در شکل مختلط مدول

یادآوری- وقتی یک ماده یک اختلاف فاز یا زاویه اتلاف، δ، را میان تنش و کرنش دینامیکی در تغییر شکل‌های هماهنگ نشان می‌دهد، ضریب اتلاف برابر $\tan \delta$ است.

۳-۳

خطی بودن **linearity**

خاصیت رفتار دینامیکی یک ماده ارتجاعی، در صورتی‌که اصل برهم‌نهی[1] را برآورده کند.

یادآوری ۱- اصل برهم‌نهی به این صورت بیان می‌شود: اگر ورودی $x_1(t)$، خروجی $y_1(t)$ را تولید کند و در یک آزمون جداگانه ورودی $x_2(t)$ خروجی $y_2(t)$ را تولید کند، درصورتی که ورودی $\alpha x_1(t) + \beta x_2(t)$ خروجی $\alpha y_1(t) + \beta y_2(t)$ را تولید کند، برهم‌نهی حفظ می‌شود. که این برای همه مقادیر α ، β ، $x_1(t)$، $x_2(t)$ حفظ می‌شود. 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 سازد. برای یک پیش‌بارگذاری خاص، اگر مدول انتقال دینامیکی، به‌طور اسمی تغییرناپذیر باشد، اندازه‌گیری سیستم، خطی در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه این روند بررسی‌ها، یک رابطه نسبی میان پاسخ و تحریک است.

۴ اصول اندازه‌گیری

۱-۴ کلیات

مدول یانگ ماده ویسکوالاستیک به بسامد و دما بستگی دارد. جزئیات تئوری در مورد حالت‌های مختلف ارتعاشی، انواع مدول‌ها و آزمون‌های رایج مورد استفاده، به خوبی شناخته شده و در دامنه کاربرد استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۹۴۱۶، و استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۹۵۶ قرار می‌گیرد، و در اینجا تکرار نمی‌شود. استانداردهای ملی ۲-۲۰۵۰۰ و ۳-۲۰۵۰۰ و استاندارد ISO 18437-4 سه روش تکمیلی برای به‌دست‌آوردن داده‌های آزمون مناسب را تعیین می‌کنند. چون این روش‌ها با توجه به نقاط ضعف و قوتشان به صورت مکمل هستند، در این استاندارد همگی توصیف شده‌اند. علاوه‌براین، استاندارد ISO18437-4 می‌تواند شامل کاربرد پیش‌بارگذاری استاتیک باشد. نهایتا، استاندارد ISO 18437-5 روشی را برای تعیین نسبت پوآسون یک ماده توسط اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای با محاسبات روش المان محدود، مشخص می‌کند. چهار روش توصیف شده در اینجا، محدود به اندازه‌گیری رفتار خطی مواد مشاهده شده در دامنه‌های کوچک کرنشی است.
شرایط تصدیق روش‌های اندازه‌گیری به شرح زیر است:

1- Superposition

الف- خطی بودن رفتار ارتعاشی ایزولاتور؛

یادآوری- اصطلاح ایزولاتور شامل المان‌های الاستیک با مشخصات انحراف بار استاتیک غیرخطی است، تا زمانی که المان‌ها، خطی‌بودن تقریبی را برای رفتار ارتعاشی پیش‌بار استاتیک داده شده، نشان دهند.

ب- توزیع برابر رابط ایزولاتور ارتعاشی با منبع مجاور و سازه‌های گیرنده؛

پ- عدم تعامل میان ایزولاتور ارتعاشی و محیط سیال پیرامون آن (معمولا هوا).

ممکن است شرط پ برای ایزولاتورهای ارتعاشی ساخته شده از یک ماده پروالاستیک[1] سلول باز، مانند کف، برآورده نشود. برای بسامدهای عموما بیشتر از ۱۰۰ Hz، تعامل فازهای جامد و مایع، ماده می‌تواند برای بهبود سختی و اتلاف آن کافی باشد.

۴-۲ روش تشدید

۴-۲-۱ مقدمه

در روش تشدید، قابلیت ارسال (از جابه‌جایی، سرعت یا شتاب) یک آزمونه با ورودی اتصال کناری یک منبع ارتعاشی و خروجی بارگذاری شده به‌وسیله یک جرم اندازه‌گیری می‌شود. دامنه و اطلاعات فاز، جرم، چگالی و طول آزمونه، اطلاعات مورد نیاز برای تعیین شکل مختلط مدول یانگ را فراهم می‌سازد. شکل ۱ اصول روش را نشان می‌دهد.

۴-۲-۲ تجهیزات آزمون

تجهیزات آزمون زیر مورد نیاز است:

الف- محرک الکترودینامیکی؛

ب- شتاب‌سنج‌ها؛

پ- تقویت‌کننده‌ها؛

ت- پایه آزمون؛

ث- محفظه محیطی؛

ج- تحلیل‌گر طیفی دوکاناله؛

چ- رایانه.

۴-۲-۳ آماده‌سازی آزمونه و نصب آن

نمونه‌های آزمونه که به شکل یک میله که عموما به طول ۱۰۰ mm با ابعاد سطح مقطع از ۶ mm تا ۷ mm قالب‌گیری می‌شوند. سطح مقطع آزمونه می‌تواند مربع یا دایره باشد. طول، چگالی و جرم آزمونه باید قبل از نصب آزمونه تعیین شود. آزمونه بین بلوک‌های نصب‌کننده، قرار می‌گیرد و همچنین شتاب‌سنج‌ها همان‌طور

1- Pro-elastic

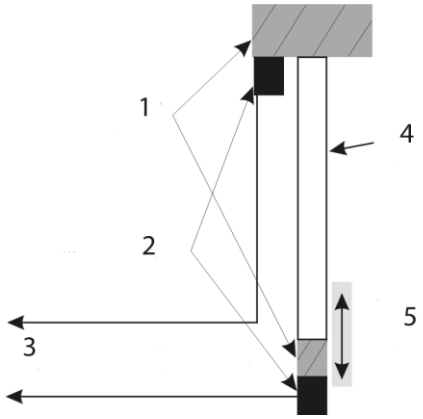
که در شکل ۱ نشان داده شده است، قرار می‌گیرند. یک چسب سخت مانند اپوکسی[1] یا سیانو آکریلات[2] مناسب است. مونتاژ نهایی برای تولید امواج انبساطی خالص در آزمونه به‌صورت سخت و محکم[3] به محرک وصل می‌شود.

۴-۲-۴ به‌دست آوردن داده‌ها

عموما محرک با یک سیگنال تصادفی تحریک می‌شود؛ یک تحلیل‌گر طیفی دو کاناله داده‌ها را به‌دست می‌آورد و یک تبدیل سریع فوریه[4] (FFT) تحلیل و متوسط‌گیری را انجام می‌دهد. این تحلیل‌گر حاوی اطلاعات مربوط به واکنش ارتجاعی جرم مونتاژی و اثرات موجی در آزمونه است. جرم بلوک نصب و طول آزمونه باید طوری انتخاب شود که کمترین تشدید بسامد مربوط به سیستم ارتجاعی جرم باشد. کمترین تشدید بسامد باید به وضوح از اثرات موج بسامدی بالاتر جدا شود. یک گستره بسامد نوعی ۱۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz می‌باشد.

۴-۲-۵ تحلیل نتایج

قسمت‌های حقیقی و موهومی شکل مختلط مدول یانگ از طول، جرم و چگالی آزمونه و از پارامترهای حاصل از حل معادلات موجی حاوی دو معادله غیرجبری زوج، تعیین می‌شود. حل با محاسبه عددی با استفاده از روش نیوتن-رافسون در پارامترهای تشدید تجربی به دست می‌آید (یعنی دامنه تابع انتقال، بسامد و تعداد مد). جزئیات در استاندارد ملی ۲-۲۰۵۰۰ آمده است.



راهنما:

۱ بلوک‌های نصب
۲ شتاب‌سنج‌ها
۳ خروجی‌های شتاب‌سنج
۴ آزمونه
۵ جهت ارتعاش

شکل ۱- اصل روش تشدید

1- Epoxy
3- Cyanoacrylatre
3- Rigidly
4- Fast fourier transform

۴-۳ روش تیر برشی آزاد[1]

۴-۳-۱ مقدمه

در روش تیر برشی آزاد، یک آزمونه به‌طور صلب در یک انتها نصب می‌شود و سر آزاد برای خمش یا انعطاف آزمونه در حال حرکت می‌باشد. به منظور تضمین حالت خمشی مشخص، الزامات نصب خاصی ضروری است که در استاندارد ملی ۳-۲۰۵۰۰ این موارد تعیین‌شده‌اند. اندازه‌گیری نیرو به شکل مختلط برای جابه‌جایی آزمونه و جایگزینی نتیجه به شکل مختلط که داده‌های لازم را برای محاسبه شکل مختلط مدول یانگ فراهم می‌کند، ضروری است. شکل ۲ اصول اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

۴-۳-۲ تجهیزات آزمون

تجهیزات آزمون زیر مورد نیاز است:

الف- محرک الکترودینامیکی؛

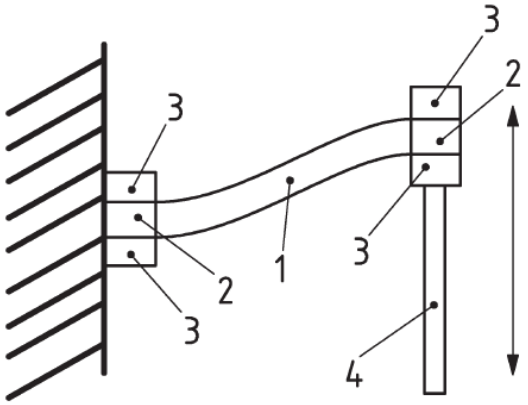
ب- حسگر نیرو؛

پ- حسگر جابه‌جایی ؛

ت- سیستم مهارکننده[2]؛

ث- محفظه محیطی؛

ج- رایانه.



راهنما:

۱ آزمونه تیر

۲ بلوک‌های انتهایی آزمونه

۳ مهارکننده‌های آزمونه

۴ شفت محرک

شکل ۲- شمای روش تیر برشی آزاد

1- Cantilever Shear Beam Method

2- Clamping

۴-۳-۳ آماده‌سازی و نصب آزمونه

آزمونه‌ها عموما از یک ورق قالبی یا ریخته‌گری شده با ضخامت دلخواه و با استفاده از اره یا تیغه بریده می‌شوند. مشخص‌شده که آزمونه‌های ماشین‌کاری از یک نمونه ضخیم‌تر اغلب بر خواص ماده تأثیر دارد. یک آزمونه عموما دارای طول $l=(۱۲\pm۰٫۵)$ mm و عرض $b=(۱۰\pm۰٫۵)$ mm و ارتفاع $h=(۳\pm۰٫۲۵)$ mm می‌باشد. بلوک‌های انتهایی آلومینیومی یا فولادی به‌منظور مهاربندی به انتهای آزمونه متصل می‌شوند. ابعاد بلوک انتهایی نوعی، $l=(۶٫۴\pm۰٫۲)$ mm با $b=(۱۱٫۰\pm۰٫۲)$ mm با $h=(۴٫۰\pm۰٫۲)$ mm می‌باشد. آزمونه با استفاده از یک چسب سخت مانند اپوکسی، اورتان[1] یا سیانواکریلات به بلوک‌های انتهایی متصل می‌شود. آزمونه با یک بست مهارکننده برای تولید تغییر شکلی که در شکل ۲ نشان داده شده است، سفت و سخت بسته می‌شود.

۴-۳-۴ به‌دست آوردن داده‌ها

ابتدا سفتی مختلط را توسط اندازه‌گیری بدون قرار دادن آزمونه با تعلیق سیستم تعیین کنید. اندازه‌گیری‌ها با بلوک انتهایی و بدون آن (که به عنوان یک جرم اضافه‌شده به‌کار می‌رود) در بسامدهای پایین و بالا که عموما ۱ Hz و ۳۰ Hz می‌باشد، انجام می‌گیرد. یک‌بار سفتی دستگاه تعیین می‌شود، اندازه‌گیری با قراردادن آزمونه در جای خود همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده‌شده‌است صورت می‌گیرد. نیرو در بسامدهای مجزا، عموما ۰٫۳ Hz تا ۳۰ Hz ، و در دماهای انتخاب شده برای ارزیابی، به آزمونه اعمال می‌شود. عموما بیشینه جابه‌جایی تا ۶۴ μm محدود می‌شود.

۴-۳-۵ تحلیل نتایج

اصل پایه‌ای عملکرد اسباب تیر برشی آزاد، تعیین نیروی مورد نیاز برای القای یک جابه‌جایی قابل اندازه‌گیری آزمونه می‌باشد. از آنجایی که مقدار جابه‌جایی به مدول آزمونه بستگی دارد، این مقدار می‌تواند توسط نیروی وابسته به جابه‌جایی با معادله‌ای که شامل چنین فاکتورهایی است، مانند سفتی سیستم و ضریب میرایی ویسکوز، جرم ارتعاشی، هندسه آزمونه و نسبت پوآسون، محاسبه شود. از حل معادله دینامیکی، مدول یانگ الاستیک و ضریب اتلاف به‌دست می‌آید. جزئیات در استاندارد ملی ۳-۲۰۵۰۰ ارائه شده است.

۴-۴ روش سفتی دینامیکی

۴-۴-۱ مقدمه

بسته به تنظیمات، سفتی دینامیکی آزمونه با اندازه‌گیری نیروی ورودی در یک سمت، آزمونه هنگام اندازه‌گیری جابه‌جایی، سرعت یا شتاب در همان سمت یا سمت دیگر آزمونه تعیین می‌شود. رابطه دامنه و فاز میان دو کمیت اندازه‌گیری شده و هندسه آزمونه، داده‌های مورد نیاز را برای محاسبه مدول مختلط فراهم می‌سازد. با استفاده از پیکربندی‌های آزمون تجربی مختلف، امکان اندازه‌گیری سه مدول مختلف، یانگ (E)، برشی (G) و

1- Urethane

بالک (K) وجود دارد که مشخصه یک ماده هستند. در برخی موارد، جایی‌که با استفاده از یک محرک نیرو، ماده در معرض یک کرنش ایستایی پیش‌بارگذاری است، ماده در قید و بست آزمون قرار می‌گیرد. شکل ۳ اصولی که در آن با استفاده از نیروی مناسب و کرنش‌سنج‌ها، نیروی عامل دینامیکی و کرنش حاصل شده را با روش سفتی دینامیکی شرح می‌دهد و برای تعیین سه مدول مختلف، اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۴-۲ تجهیزات آزمون

تجهیزات آزمون زیر مورد نیاز است:

الف- محرک الکترودینامیکی؛

ب- حسگر جابه‌جایی یا شتاب‌سنج؛

پ- تقویت‌کننده‌ها؛

ت- پایه آزمون؛

ث- محفظه محیطی؛

ج- تحلیل‌گر طیفی دو کاناله؛

چ- رایانه.

۴-۴-۳ آماده‌سازی و نصب آزمونه

نمونه‌های آزمونه به شکل‌های مناسب برای هر شرایط آزمون قالب‌گیری می‌شوند. سطح مقطع آزمونه می‌تواند عملا مربع یا دایره‌ای شکل باشد. ابعاد، چگالی و جرم آزمونه باید قبل از نصب نمونه تعیین شود. ممکن است آزمونه برای تضمین تغییر شکل مناسب به صفحات آزمون متصل شده باشد. یک چسب سخت نظیر اپوکسی یا سیانواکریلات قابل قبول است. آزمونه باید دارای چنان ابعادی باشد که به‌طورکامل در کل گستره بسامدی مورد نظر دارای خاصیت ویسکوالاستیک باشد. این مبتنی بر این فرضیه می‌باشد که آزمونه بدون جرم در نظر گرفته می‌شود، یعنی همه اثرات موجی باید سه الی پنج برابر بزرگتر از حد بالایی بسامد اندازه‌گیری باشد.

۴-۴-۴ به‌دست آوردن داده‌ها

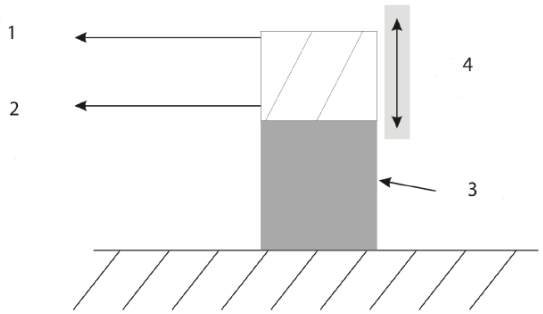
نیروسنج عموما با نوفه تصادفی تحریک می‌شود و حسگر کرنش پاسخ‌های آزمونه را ثبت می‌کند. تحلیل‌گر طیفی دو کاناله این داده‌ها را به دست آورده و یک تحلیل FFT و متوسط‌گیری را انجام می‌دهد. در هر حالت، تجهیزات باید کالیبره باشند تا سفتی دینامیکی خود وسیله آزمون را تعیین کند و این مقدار عاملی در تحلیل‌ها می‌باشد.

۴-۴-۵ تحلیل نتایج

به هنگام انجام اندازه‌گیری با استفاده از شرایط خاصی که در بالا ذکر شد، بیان کلی برای تعیین مدول الاستیک مختلط به شکل زیر می‌باشد:

$$E^*(f),\ G^*(f),\ K^*(f) = \alpha_{E,G,K}\ \frac{F(f)}{\delta(f)} \qquad (۱)$$

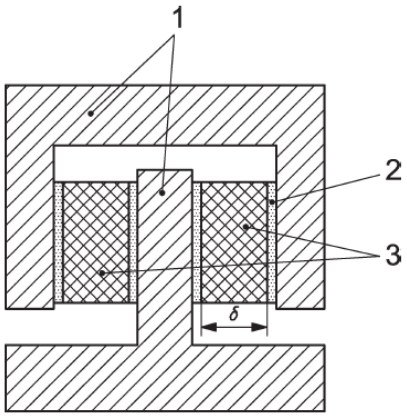
در فرمول (۱)، $\alpha_{E,G,K}$، نسبت مدول اندازه‌گیری شده ماده تحت آزمون به سفتی آزمونه تحت کرنش مناسب، می‌باشد(طولی، برشی و بالک). مقدار نسبت $\alpha_{E,G,K}$ به پیکربندی آزمون و هندسه آزمونه بستگی دارد، که در آن $F(f)/\delta(f)$ مقدار بسامد به شکل مختلط، نسبت نیروی خروجی به جابه‌جایی محرک است. جزئیات خاص در استاندارد ISO18437-4 آمده است.



راهنما:

۱ خروجی نیرو
۲ خروجی شتاب
۳ آزمونه
۴ جهت ارتعاش

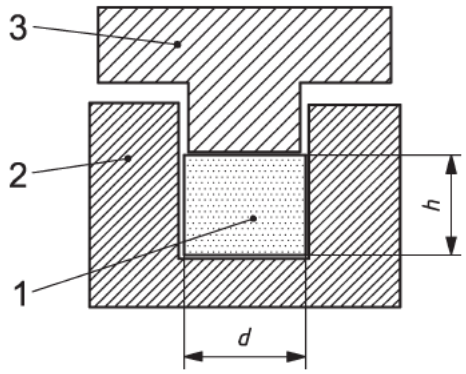
شکل الف- مدول یانگ



راهنما:

۱ تسمه پوشیده شده
۲ صفحه
۳ آزمونه‌ها
δ ضخامت

شکل ب- مدول برشی



راهنما:

۱ آزمونه

۲ غلاف

۳ بیستون

d قطر

h ارتفاع

شکل پ- مدول بالک

شکل ۳- شماهایی از مدل‌های سفتی دینامیکی

۴-۵ برآورد نسبت پوآسون

۴-۵-۱ مقدمه

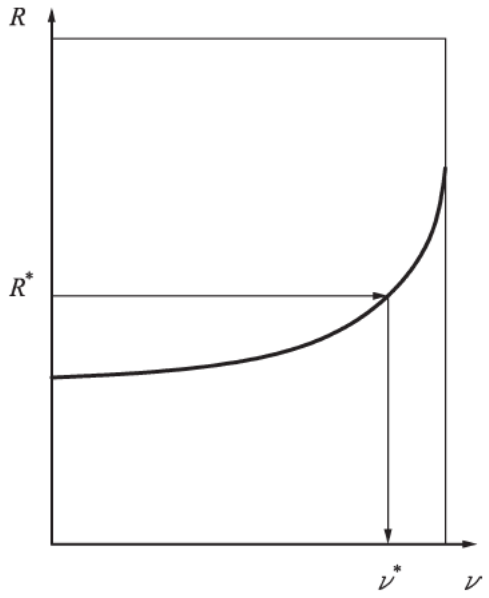
درصورتیکه مدول الاستیک صحیح و داده‌های ضریب اتلاف برای تحلیل بسیاری از مسائل ارتعاشی و صوتی کافی است، مقادیر صحیح برای نسبت پوآسون غالبا مورد نیاز است، وقتی‌که از تحلیل عددی المان محدود استفاده می‌شود. چون در عمل اکثر پیش‌بینی‌های عددی برای مؤلفه‌های شکل هندسی پیچیده، انجام می‌گیرد، هدف از این روش، تعیین نسبت پوآسون با مقایسه اندازه‌گیری‌های انحراف-نیرو با پیش بینی‌های عددی به‌صورت تابعی از نسبت پوآسون برای آزمونه‌هایی با هندسه ساده است.

۴-۵-۲ اصول اندازه گیری

استاندارد ISO 18437-5 از روش شبه‌ایستا استفاده می‌کند مبتنی بر این اصل که اندازه‌گیری‌های سفتی فشاری یکسان است با اندازه‌گیری‌هایی که از محاسبات المان محدود تقارن محوری بر یک آزمونه دیسکی شکل به عنوان توابعی از نسبت پوآسون و یا مدول الاستیکی به‌دست می‌آیند. اندازه‌گیری‌ها و پیش‌بینی‌ها بر اساس این واقعیت است که آزمونه دیسکی شکل، به‌هنگام فشرده شدن میان دو صفحه سخت که به آنها متصل است، از یک طرف برآمدگی پیدا می‌کند. بسته به‌این‌که نسبت پوآسون به‌تنهایی و یا به‌صورت ترکیبی با مدول الاستیکی تعیین می‌شود، از روش اندازه‌گیری آزمونه تکی یا آزمونه دوتایی، هر کدام که مناسب‌تر باشد، ممکن است استفاده شود.

۴-۵-۳ روش اندازه‌گیری آزمونه تکی

نظریه مهم و عملی این روش به سادگی برای آماده‌سازی یک نمودار سفتی بدون بعد است، در مقابل نسبت پواسون برای یک آزمونه دیسکی شکل با یک ضریب شکل بزرگ توسط محاسبات روش المان محدود (FEM) برای اندازه‌گیری سفتی با آزمون تحریک، و برای انتخاب مقدار نسبت پواسون از نموداری مطابق با سفتی اندازه‌گیری می‌شود، همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است.



راهنما:

R سفتی/ بدون بعد

ν نسبت پواسون

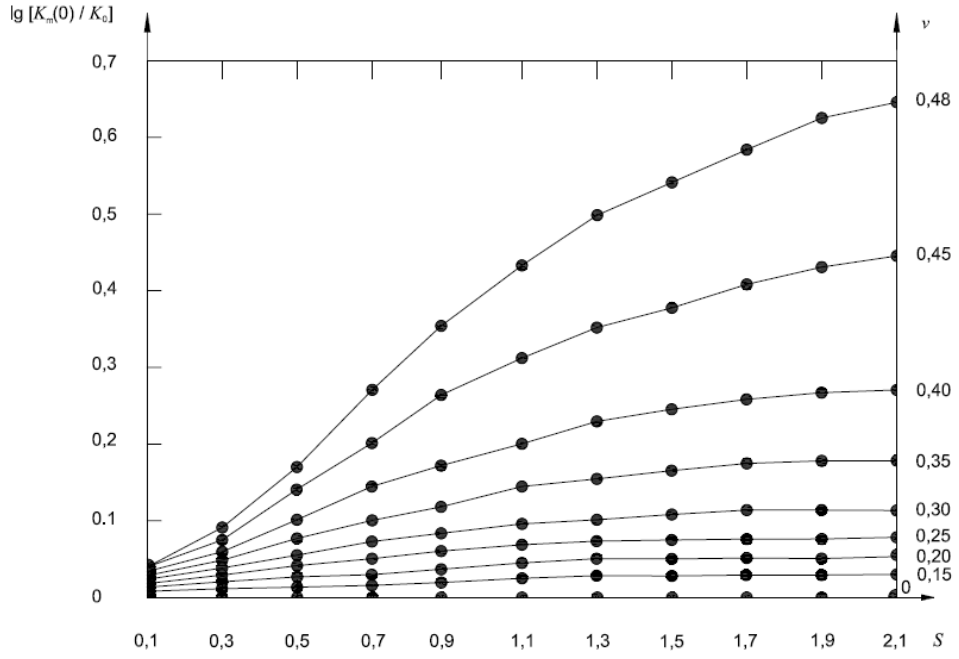
R^* سفتی اندازه گیری شده

ν^* نسبت پواسون مربوط به R^*

شکل ۴- نمودار سفتی به‌صورت تابعی از نسبت پواسون $R(\nu)$ توسط محاسبات FEM

۴-۵-۴ روش اندازه‌گیری آزمونه دوتایی

این روش از این واقعیت استفاده می‌کند که نسبت مدول یانگ ظاهری به مدول یانگ واقعی، مساوی با نسبت سفتی برای آزمونه‌های دیسکی شکل برای یک استوانه بلند می‌باشد. این نسبت می‌تواند به عنوان یک تابع چند جمله‌ای نسبت پوآسون یا ضریب شکل با ضرایب وابسته به دیگری فرمول‌بندی شود. مثالی از یک نتیجه FEM در شکل ۵ نشان داده شده است. تا زمانی که مقادیر تجربی از این نسبت برای دو آزمونه با ماده یکسان قابل دسترس می‌باشد، با مدول یانگ و نسبت پوآسون یکسان، اما ضرایب شکل متفاوت، هم ارزسازی دو عبارت چند جمله‌ای، نسبت پوآسون را می‌دهد. پس می‌توان مدول یانگ را با تقسیم مدول یانگ ظاهری توسط مقدار عبارت چند جمله‌ای به‌دست آورد. جزئیات ویژه در استاندارد ISO 18437-5 داده شده است.



راهنما:

$\lg [K_m(0) / K_0]$	سفتی فشار ایستای عادی شده
S	ضریب شکل
υ	نسبت پواسون

شکل ۵- مثالی از تغییرات سفتی فشار ایستای عادی شده به عنوان تابعی از ضریب شکل و نسبت پوآسون از محاسبه FEM

۵ برهم‌نهی زمان- دما

در اندازه‌گیری‌های کلی بیش از گستره بسامدی محدود، اندازه‌گیری می‌تواند از طریق کاربرد روش برهم‌نهی زمان- دما بسط داده شود. به استانداردهای ملی ۲-۲۰۵۰۰ و ۳-۲۰۵۰۰ مراجعه شود.

۶ شرایط‌دهی آزمونه

آزمونه‌ها پس از قالب‌گیری یا وولکانش[1] باید به اندازه کافی کهنه[2] شوند. آزمونه‌ها در هر دمای آزمون از نظر حرارتی شرایط‌دهی می‌شوند. علاوه براین، غالبا مواد به رطوبت حساس هستند. برای تعیین دماها، رطوبت و دفعات شرایط‌دهی و آزمون، باید از استاندارد ISO 23529 استفاده شود.

1- Vulcanization
2- Aged

۷ انتخاب روش مناسب

جدول ۱، راهنمایی‌هایی برای انتخاب روش مناسب از استانداردهای ملی ۲-۲۰۵۰۰ و ۳-۲۰۵۰۰ و استاندارد ISO 18437-4 را فراهم می‌کند. نسبت پوآسون می‌تواند با روش سفتی دینامیکی، با اندازه‌گیری مدول بالک و یا برشی یا مدول یانگ یا با استفاده از روش FEM مشخص شده در استاندارد ISO 18437-5، تعیین شود. انتخاب روش به‌طور گسترده به سفتی ماده و عدم قطعیت‌ها در اندازه‌گیری بستگی دارد.

جدول ۱- راهنمایی برای انتخاب

	روش تشدید	روش تیر برشی آزاد	روش سفتی دینامیکی
گستره بسامد (Hz)	۱۰۰ تا ۵۰۰۰	۰٫۰۱ تا ۵۰	۱ تا ۱۰۰۰
حالت تغییر شکل	گسترشی	خمشی	یانگ، برشی، بالک
اندازه آزمونه نوعی (m^3)	۰٫۱ × ۰٫۰۰۶ × ۰٫۰۰۶	۰٫۰۱۲ × ۰٫۰۱ × ۰٫۰۰۳	متغیر با الزامات آزمون و مقدار مدول
نوع ماده	لاستیک، پلاستیک، پلی اورتان	لاستیک، پلاستیک، پلی اورتان	لاستیک، پلاستیک، پلی اورتان
گستره مدول یانگ (Mpa)	۰٫۱ تا ۱۰۰۰	۰٫۱ تا ۱۰۰۰	۰٫۱ تا ۲۰۰۰۰
گستره ضریب اتلاف	۰٫۰۱ تا ۲	۰٫۰۱ تا ۲	۰٫۰۱ تا ۲
حساسیت به خزش	کم	خیلی کم	کم
پیش بارگذاری	محدود	ندارد	برخی مدها
یادآوری- گستره بسامد اندازه‌گیری می‌تواند از طریق استفاده از اصل برهم‌نهی زمان- دما، بسط داده شود.			

پیوست الف

(اطلاعاتی)

خطی‌بودن مواد ارتجاعی

در اصل خواص دینامیکی از یک ایزولاتور ارتعاشی- صوتی، به پیش بارگذاری استاتیک، دامنه ارتعاش، بسامد و دما بستگی دارد.

فرضیه خطی‌بودن، دلالت بر این دارد که اصل برهم‌نهی انجام شده و سفتی دینامیکی در یک بسامد داده شده، مستقل از دامنه است. در بسیاری از ایزولاتورهای ارتعاشی، این فرضیه تقریبا برآورده می‌شود، زمانی‌که تحت پیش‌بارگذاری استاتیک مناسب، دامنه تغییر شکل دینامیکی در مقایسه با تغییر شکل استاتیک، کمتر باشد. با این وجود، بهتر است یادآوری شود که این به مواد تشکیل‌دهنده ایزولاتور ارتعاشی بستگی دارد و بهتر است یک بررسی ساده برای مقایسه مشخصه‌های سفتی دینامیکی برای گستره‌ای از سطوح ورودی انجام شود. اگر این موارد از نظر عددی نامتغیر باشند، در این‌صورت می‌توان فرض کرد که حالت خطی وجود دارد. برای لاستیک بوتیل (IIR)[1]، مرجع شماره [۳] داده‌هایی برای اجزای هم‌فاز و زاویه فازی مدول برش دینامیکی به عنوان تابعی از دامنه کرنش و درصدی از دوده ارائه می‌دهد. در مورد دامنه‌های کرنش کمتر از حدود 10^{-3}، مولفه هم‌فاز و زاویه فازی به‌سختی به دامنه ارتعاشی وابسته‌اند. به‌هرحال، زمانی‌که دامنه‌های کرنش از 2×10^{-3} بیشتر شود، به‌ویژه برای لاستیک با کسر جرمی درصد بالا از دوده، کاهش قابل توجهی در سفتی دینامیکی مشاهده می‌شود. بنابراین، توجه به دامنه‌های کرنش که در عمل اتفاق می‌افتد و بررسی آنچه برای شرایط آزمون در ایزولاتورهای ارتعاشی لاستیکی اختصاص می‌یابد مهم است. برای دامنه‌های کرنشی کمتر از حدود 10^{-3}، فرضیه خطی‌بودن (به عنوان مثال، سفتی مستقل از دامنه و روابط متقابل) موجه به‌نظر می‌رسد.

پایه‌های هیدرولیکی به‌طور فزاینده‌ای به‌ویژه در کاربردهای خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع ایزولاتور ارتعاشی نیز می‌تواند رفتار غیرخطی از خود نشان دهد، یعنی سفتی به شدت به دامنه ارتعاشی بستگی دارد. به علت دومنظوره بودن آن‌ها، یعنی میرایی ارتعاش موتوری بسامد پایین ناشی از تحریک جاده‌ای و ایزوله‌کردن صدای حاصل از سازه و موتور در بسامدهای بالا، باید دامنه‌های آزمون مناسب برای گستره بسامدی مورد نظر اعمال شود.

در بعضی از موارد حالت خطی بودن وجود ندارد. در چنین مواردی، اعمال بسیاری از روش‌های توصیف شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۲۲، می‌تواند مفید باشد. اغلب دلالت براین دارد که، علاوه‌بر، الزامات آزمون خاصی برای فرمول‌بندی با توجه به پیش‌بارگذاری، دامنه سیگنال و کمیت‌های اندازه‌گیری، نیاز است.

1- Butyl rubber

پیوست ب

(اطلاعاتی)

تحلیل مدارک دیگر استانداردها درباره آزمون دینامیکی

ب-۱ مرور استانداردها

ب-۱-۱ مقدمه

برای تعیین خواص مکانیکی دینامیکی آزمونه‌هایی که در معرض شرایط انتهایی متنوع و تحت تغییر شکل‌های سینوسی قرار دارند، استانداردهایی وجود دارد. آزمونه‌ای با هندسه معین، در اسبابی قرار می‌گیرد که هدف آن تضمین حالت خاصی از نوسان است. مد حرکت، شرایط انتهایی خاص و نوع نوسان، معادلات مورد نیاز برای تعیین مدول الاستیکی را تعیین می‌کند. اسباب آزمایشی عموما حاوی مجموعه‌ای از مهارکننده‌ها و بلوک‌های متصل‌کننده، وسیله‌ای برای اعمال کرنش ارتعاشی مورد نیاز در یک انتهای آزمونه، وسیله‌ای برای تعیین پاسخ آزمونه در اکثر موارد در انتهای مقابل (تنش یا کرنش) و یک محیط با دمای کنترل شده می‌باشد. شکل آزمونه به‌طور قابل‌توجهی از روشی به روش دیگر متفاوت است، از این‌رو همه روش‌ها برای هر موقعیتی مناسب نیست. در بعضی از روش‌ها، از مهاربندها برای نگه داشتن آزمونه‌ها استفاده می‌شود و ابزار بیشتری برای مهار بی‌دقتی و تفاوت اپراتورها وجود دارد. در روش‌های معین، آزمونه در حالت مقدماتی تغییر شکل نمی‌یابد، در نتیجه محاسبه‌ها برای اثرات خمش، کرنش، برش و چرخش نیازمند تصحیح است. نهایتا، نوسان می‌تواند به صورت اجباری تشدید شود یا از بین برود. در زیر خلاصه یکی از روش‌هایی که در استانداردها قابل دسترس است، درباره آزمون لاستیک و پلاستیک ارائه شده است.

ب-۱-۲ تحلیل‌ها و آزمون‌ها[1]

ب-۱-۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۷۶۱۱، لاستیک ولکاینده یا گرمانرم- تعیین خواص دینامیکی- قسمت اول: راهنمایی کلی

راهنما برای استفاده از دو نوع حرکت، آزاد و اجباری، و معادلات کلی حرکت، تهیه شده است. مدهای مختلف تغییر شکل توصیف شده است. خلاصه کلی از روش‌های اجرایی فراهم شده است.

۱- کمیته فنی ایزو شماره ۴۵ و کمیته فرعی ۲ آن

ب-۱-۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۵۶، ولکاینده یا گرمانرم- اندازه‌گیری خواص دینامیکی- قسمت دوم- روش‌های آونگ پیچشی در بسامدهای پایین

در این روش نوار بلندی از ماده با سطح مقطع یکنواخت که در یک انتها ثابت شده و در انتهای دیگر آزاد است، جرمی اضافه‌شده در حرکت پیچشی چرخشی قرار می‌گیرد تا حرکت خود به خود از بین برود. دوره ارتعاش و زمان از بین رفتن حرکت را مدول برشی تعیین می‌کند. آزمون برای تعیین ناحیه انتقال لاستیک با انجام اندازه‌گیری‌ها در گستره وسیعی از دما استفاده می‌شود. بسامد آزمون کوتاه بوده و عموما از ۰٫۱ Hz تا ۱۰ Hz است و با دما تغییر می‌کند. در مورد پلاستیک، استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۵۶، مشابه با استاندارد ملی ایران شماره
۹۴۱۶-۲، است.

ب-۱-۳ خواص مکانیکی[1]

ب-۱-۳-۱ ISO 458-1، پلاستیک- تعیین سفتی در پیچش مواد انعطاف پذیر- قسمت ۱: روش کلی

این یک روش کلی برای تعیین سفتی در پیچش در دماهای مختلف، به‌ویژه در دمای زیر ۰°C می‌باشد. با استفاده از یک اسباب آزمون معین و پس از گذشت زمان ثابتی از کاربرد بارگذاری، مشاهدات مربوط به انحراف زاویه و گشتاور پیچشی ثبت می‌شود.

ب-۱-۳-۲ ISO 458-2- پلاستیک- تعیین سفتی در پیچش مواد انعطاف پذیر- قسمت ۲: کاربرد در اجزای پلاستیکی هم‌کوپل و همگن کلرید وینیل

این یک مورد خاص از روش کلی با زوایه انحراف بین ۵۵° و ۶۵° و برای سه مقدار سفتی پیچشی: ۳۰۰ MPa، ۲۳ MPa و ۴ MPa می‌باشد.

ب-۱-۳-۳ ISO/TR 4137، پلاستیک- تعیین مدول الاستیسیته به‌وسیله خمش متناوب

مدول یانگ با استفاده از آونگ ساوارتس[2] تعیین می‌شود. این روش برای محصولاتی که مشخصه‌های تعیین شده آن‌ها بیش از ۱۵۰۰ MPa می‌باشد و نیز برای محصولاتی کاربرد دارد که امکان برش آزمونه‌هایی با ضخامت ۱ mm تا ۵ mm برای آن‌ها وجود دارد. از الاستیسیته نمونه آزمون برای انتقال انرژی از یک آونگ به آونگ دیگر استفاده می‌شود، نمونه آزمون به عنوان تکیه‌گاه برای هر دو آونگ به‌کار می‌رود. دامنه نوسان آونگ متحرک به‌تدریج کم می‌شود تا متوقف شود. زمان لازم میان شروع و نخستین توقف آونگ نصف زمان نوسان است که تابعی از مدول (یانگ) طولی الاستیسیته آزمونه در خمش متناوب است.

۱- کمیته فنی ایزو شماره ۶۱، کمیته فرعی شماره ۲

2- Savarts

ب-۱-۳-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها- تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت اول: اصول کلی

در اصطلاحات به‌کار رفته، برای رابطه میان مدول‌ها، انواع حالت‌های نوسانی و حالت‌های تغییر شکل یافته و نمودارهای ساده‌شده، چیدمان‌های آزمونه مورد استفاده رایج، مقدمه خوبی فراهم شده است. در مورد لاستیک، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۴۱۶، مشابه زیربند ب-۱-۲-۱ استاندارد ۱-۱۷۶۱۱ است.

ب-۱-۳-۵استاندارد ملی ایران شماره ۲-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها -تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت دوم- روش پاندول پیچشی

نوار بلندی از ماده با سطح مقطع یکنواخت در یک انتها ثابت شده و از انتهای دیگر آزاد است، با اضافه کردن جرمی به حرکت پیچشی چرخشی، حرکت خود به خود از بین می‌رود. دوره ارتعاش و از بین رفتن حرکت، مدول برشی را تعیین می‌کند. آزمون اصولا برای تعیین ناحیه انتقال لاستیکی به‌وسیله اندازه‌گیری گستره وسیعی از دماها به‌کار می‌رود. بسامد آزمون، کوتاه بوده و عموما از ۰/۱ Hz تا ۱۰ Hz است و با دما تغییر می‌کند. در مورد لاستیک، استاندارد ملی ایران شماره ۲-۹۴۱۶، مشابه زیربند ب-۱-۲-۲ استاندارد ۱۷۹۵۶ است.

ب-۱-۳-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها -تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت سوم - ارتعاش خمشی - روش منحنی تشدید

آزمونه وادار به حرکت خمشی می‌شود و مدول خمشی آن از روی منحنی تشدید تعیین می‌شود. بسامد تشدید و پارامترهای مربوط به آزمونه، مدول ذخیره و اتلاف را با عرض پیک تشدید تعیین می‌کند. دو چیدمان آزمون توصیف شده، دو حالت ارتعاشی را فراهم می‌کنند. گستره بسامد ۱۰ Hz تا ۱۰۰۰ Hz می‌باشد. پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۳-۹۴۱۶، حاوی نتایج آزمون نوبت گردشی بر روی سه پلاستیک است.

ب-۱-۳-۷ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها- تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت چهارم- ارتعاش کششی- روش غیر تشدید

آزمونه از هر دو انتها مهار می‌شود. جابه‌جایی ارتعاشی غیر تشدیدی اجباری در یک انتها اندازه‌گیری می‌شود و انتهای دیگر به یک نیروسنج و یک پایه صلب متصل می‌شود. اندازه‌گیری‌ها در زیر بسامد تشدید اولیه نمونه و مبدل نیرو صورت می‌گیرد. به لحاظ اثرات مهاربندها، تصحیحاتی وجود دارد. این روش به عنوان روش مستقیم شناخته شده است که در آن جلوی حرکت انتهایی آزمونه به‌وسیله پایانه‌ای سخت در مقابل روش غیرمستقیم با یک انتهای آزمونه با ارتعاش آزاد، گرفته می‌شود.

ب-۱-۳-۸ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها -تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت پنجم- ارتعاش خمشی - روش غیرتشدید

در مورد آزمونه‌ای که هم در دو انتها نگه داشته باشد و هم در مرکز ارتعاش می‌کند اندازه‌گیری نیرو و جابه‌جایی در مرکز، اندازه‌گیری مدول یانگ ظاهری را با تصحیح مدول واقعی فراهم می‌کند. گستره بسامدی از ۰٫۰۱ Hz تا ۱۰۰ Hz است که عموما برای یک تحلیل‌گر مکانیکی دینامیکی (DMA)[1] است، هرچند حالت ارتعاشی در DMA متفاوت بوده که یک تغییر شکل برشی آزاد است.

ب-۱-۳-۹ استاندارد ملی ایران شماره ۶-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها-تعیین خواص مکانیکی دینامیکی - قسمت ششم- ارتعاش برشی - روش غیرتشدید

آزمونه‌های شناسایی شده به یک پایه مرکزی ارتعاشی متصل و انتهاهای مخالف به یک چهارچوب صلب متصل می‌شوند. نتیجه، تغییر شکل برشی ساده است که نازک بودن آزمونه در مقایسه با طول آزمونه را در جهت حرکت، فراهم می‌کند، نیروی اندازه‌گیری شده و جابه‌جایی اندازه‌گیری مستقیم مدول برشی را فراهم می‌کند. تعیین مشخصه‌های استاندارد ملی ایران شماره ۶-۹۴۱۶ مشابه استاندارد ISO18437-4 (روش سفتی دینامیکی) مشخص می‌شود.

ب-۱-۳-۱۰ ISO 6721-7- تعیین خواص مکانیکی دینامیکی پلاستیک- قسمت هفتم: ارتعاش پیچشی- روش غیرتشدید

این روش با روش‌های تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۹۴۱۶ و استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۵۶، متفاوت است، یک گشتاور سینوسی، یک میله کوتاه مستطیلی را می‌گرداند. دامنه و جابه‌جایی گشتاور، مدول برشی به شکل مختلط را تعیین می‌کند. آزمونه مهار شده چالش‌های مخصوصی ارائه می‌دهند، اما گستره بسامدی، بیشتر از روش آونگ پیچشی قبلی و مشابه اسباب DMA است.

ب-۱-۳-۱۱ استاندارد ملی ایران شماره ۸-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها-تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت هشتم- ارتعاش طولی و برشی - روش انتشار موج

زمان انتقال یک پالس اولتراسونیک اندازه‌گیری می‌شود و مدول از سرعت صوت تعیین می‌شود. به یک آزمونه نسبتا بزرگ نیاز است. آزمون را می‌توان با تماس مستقیم با مبدل‌های مناسب و یا با روش غوطه‌ورسازی انجام داد. برای اندازه‌گیری مدول طولی، اندازه‌گیری در برخورد عادی صورت می‌گیرد. برای به‌دست‌آوردن مدول برشی، آزمونه به بهترین وضعیت چرخانده می‌شود تا موج برشی مشاهده شود، سپس زمان و زاویه انتقال برای تعیین مدول یادداشت می‌شود. بسامد عموما التراسونیک و در گستره ۰٫۵ MHz تا ۵ MHz است.

1- Dynamic mechanical analyser

ب-۱-۳-۱۲ استاندارد ملی ایران ایران شماره ۹-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها - تعیین خواص مکانیکی دینامیکی - قسمت نهم - ارتعاش بالک- روش انتشار پالس صوتی

یک پالس صوتی در طول لایه‌های نازک، الیاف ظریف و یا آزمونه‌های بلند انتشار می‌یابد. مدول یانگ با اندازه‌گیری زمان ورود به عنوان تابعی از فاصله تعیین می‌شود، شیب آن نمودار، سرعت موج را تعیین می‌کند. گستره بسامد عموما از ۳ kHz تا ۱۰ kHz می‌باشد. این روش برای مواد با اتلاف کم مناسب است.

ب-۱-۳-۱۳ استاندارد ملی ایران ایران شماره ۱۰-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها- تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت دهم-ویسکوزیته برشی به شکل مختلط با استفاده از رئومتر[1] نوسانی صفحه موازی

تعیین مدول برشی پلیمرهای مذاب مشخص می‌شود. یک آزمونه مذاب نازک در معرض گشتاور پیچشی سینوسی یا جابه‌جایی زاویه‌ای بین دو صفحه موازی مدور هم‌مرکز قرار می‌گیرد. مدول با استفاده از گشتاور و جابه‌جایی تعیین می‌گردد.

ب-۱-۳-۱۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۹۴۱۶، پلاستیک‌ها- تعیین خواص مکانیکی دینامیکی- قسمت دوازدهم- ارتعاش فشاری- روش غیرتشدید

خواص دینامیکی پلاستیک نیمه‌صلب ضعیف با استفاده از ارتعاشات تراکمی در یک حالت غیرتشدید در بسامدهای زیر تشدیدی اساسی تعیین می‌شود.

ب-۲ نقاط قوت و ضعف

بعضی از نقاط قوت و ضعف روش‌های تعیین شده در این استاندارد به شرح زیر است:

۱- مستقیم‌ترین اندازه‌گیری مدول برشی، ارتعاش اجباری غیرتشدیدی یک آزمونه در برش ساده است. این تغییر شکل یک منحنی تنش-کرنش خطی با دامنه‌های بزرگ‌تر از سایر حالت‌های تغییر شکل تولید می‌کند اما قطعات آزمون نیاز دارد به‌طور مطمئن و امن به قید و بست آزمون بسته شوند.

۲- تست‌های تراکمی نیازمند ظرفیت نیروی بیشتر است و به ضریب تصحیح شکل نیاز دارد. آزمون نوعی در شرایط بار واقعی حین کار انجام می‌شود.

۳- آزمون‌های خمشی و پیچشی عموما از ظرفیت نیروی کم استفاده می‌کنند، اما داده‌هایی ارائه می‌دهند که می تواند هم از نظر دامنه کاری محدود و هم کمتر از مقدار مطلق باشند.

۴- برای دامنه‌های کرنشی بالا در برش و تراکم و برای اعمال پیش‌بارگذاری استاتیک، به اسبابی با ظرفیت نیروی زیاد نیاز است.

۵- مشخص کردن مواد وقتی به بهترین وجه به‌دست می‌آید که حالت تغییر شکل مستقیما با مدول قابل اندازه‌گیری، مطابقت داشته باشد.

1- Rheometer

۶- ارتعاش آزاد در مد پیچشی به بسامدهای پایین محدود می‌شود و عموما فقط داده‌های کیفی را فراهم می‌کند.
۷- آزمون یک میله نازک در بسامدهای تشدیدهای چندگانه می‌تواند گستره خوبی از داده‌های را برای تولید یک نقشه راهنما فراهم کند.
۸- DMA هایی که دارای بسامد خودکار و ظرفیت روبش[1] دما هستند، می‌توانند راه مناسبی برای مشخص کردن مواد فراهم کنند.
۹- اندازه‌گیری نسبت پوآسون از طریق اندازه‌گیری مدول بالک و یا مدول برشی یا مدول یانگ، یا با استفاده از روش FEM در استاندارد ISO18437-5 به بهترین شکل امکان‌پذیر می‌باشد. روش FEM برای مواد صلب مناسب نیست.

ب-۳ مشخص کردن مواد

به‌طور خلاصه برای مشخص کردن مواد:
۱- اندازه‌گیری مدول یانگ با استفاده از آزمون تشدیدی به بهترین شکل انجام می‌شود؛
۲- اندازه‌گیری مدول برشی با استفاده از تغییر شکل برشی ساده به بهترین شکل انجام می‌شود؛
۳- اسباب DMA آزمون خودکار ساده‌ای فراهم می‌کند؛
۴- دستگاه‌های دارای ظرفیت بالا برای آزمون مدول بالک لازم است؛
۵- نسبت پوآسون را می‌توان با اندازه‌گیری مدول بالک و یا مدول یانگ یا برشی و یا با مقایسه تحلیل‌های المان محدود (ISO 18437-5) تعیین کرد؛
۶- آزمون‌های تراکمی، در شرایط واقعی حین کار می‌تواند بیشتر ارائه شود.

1- Scan

کتابنامه

[1] ISO 10846 (all parts), Acoustics and vibration — Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer properties of resilient elements
[2] ISO 80000-4:2006, Quantities and units — Part 4: Mechanics
[3] Freakley P.K., Payne A.R. Theory and practice of engineering with rubber. London: Applied Science Publishers, 1978, 666 p.