INSO
19177-2
1st.Edition
2015

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

استاندارد ملی ایران
۱۹۱۷۷-۲
چاپ اول
۱۳۹۴

ارتعاشات مکانیکی- اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست

قسمت ۲ :

راهنمای عملی اندازه‌گیری در محل کار

Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration
Part 2:
Practical guidance for measurement at the workplace

ICS:13.160

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 موسسه 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 کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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 می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند 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.

سازمان ملی استاندارد 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 می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای 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 استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید.

سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . 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

«ارتعاشات مکانیکی- اندازه گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست- قسمت ۲: راهنمای عملی اندازه‌گیری در محل کار»

رئیس :	**سمت و/ یا نمایندگی**
خطیبی ، محمد مهدی (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه سمنان
دبیر :	
دخانیان ، مطهره (کارشناسی مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان سمنان
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آل‌بویه ، حسن (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل صنعت، معدن، تجارت استان سمنان
بهروزفر ، قاسم (کارشناسی مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان سمنان
بینش ، علی آقا (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس استاندارد
ترحمی ، حسین (کارشناسی مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان سمنان
خدام عباسی ، روح ا... (کارشناسی فیزیک)	اداره کل استاندارد استان سمنان
صحافی ، حمیدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل تعاون، کار و رفاه اجتماعی استان سمنان

عابدی ، حسینعلی
(کارشناس بهداشت حرفه‌ای)
مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار

کرمانی ، علی
(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای)
دانشگاه علوم پزشکی سمنان

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها ۲
۴ کمیت‌های که باید ارزیابی شوند ۴
۵ آماده‌سازی برای فرآیند اندازه‌گیری ۴
۶ اندازه‌گیری دامنه ارتعاش ۹
۷ عدم قطعیت ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش ۱۸
۸ محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش ۲۰
۹ اطلاعاتی که باید گزارش شود ۲۱
پیوست الف (اطلاعاتی) مثال‌هایی از موقعیت اندازه‌گیری ۲۴
پیوست ب (اطلاعاتی) ارزیابی مواجهه با ارتعاش برای دوره‌های بیش از یک روز ۳۳
پیوست پ (اطلاعاتی) فیلترهای مکانیکی ۳۵
پیوست ت (اطلاعاتی) راهنمای نصب شتاب‌سنج‌ها ۳۷
پیوست ث (اطلاعاتی) مثال‌هایی از محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش ۴۱
پیوست ج (اطلاعاتی) کتابنامه ۵۰

پیش گفتار

استاندارد « ارتعاشات مکانیکی- اندازه گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست- قسمت ۲ : راهنمای عملی اندازه‌گیری در محل کار» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در چهارصدو نودو هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۴/۰۱/۱۸ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد 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 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 5349-2:2001, Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace

مقدمه

ماشین‌آلات می‌توانند کارگران را در معرض ارتعاشاتی قرار دهند که به دست کاربر منتقل شده و باعث اختلال در راحتی، بازده کاری و در برخی از شرایط می‌تواند سبب مختل شدن سلامتی و امنیت کارگران شود. الزامات عمومی برای اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه با ارتعاش منتقل شده به دست در استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷ مشخص شده است. هدف این استاندارد ارائه رهنمودهای عملی مطابق با استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷، به منظور انجام درست اندازه‌گیری و تدوین یک راهبرد موثر برای اندازه‌گیری ارتعاش منتقل شده به دست در محل کار می‌باشد.

استفاده از راهبرد ارائه شده در این استاندارد به ارائه تصویری واقعی از مواجهه روزانه اپراتور در محل کار و عدم قطعیت‌های مرتبط با آن منجر می‌گردد.

ارزیابی مواجهه با ارتعاش می‌تواند به چند مرحله مجزا تفکیک شود:

- شناسایی مجموعه‌ای از عملیات مجزا که الگوی کار عادی فرد را تشکیل می‌دهند؛
- انتخاب عملیاتی که قرار است مورد اندازه‌گیری قرارگیرد؛
- اندازه‌گیری مقدار شتاب r.m.s برای هر عملیات انتخاب شده؛
- ارزیابی نمونه حاصل از زمان مواجهه روزانه برای هر عملیات معین؛
- محاسبه ارزش کل انرژی ارتعاش معادل ۸ ساعت (مواجهه روزانه با ارتعاش).

ارزیابی مواجهه با ارتعاش که در استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷ شرح داده شده است، فقط براساس اندازه‌گیری دامنه ارتعاش در محل چنگش یا دستگیره‌ها و زمان‌های مواجهه می‌باشد. عوامل دیگری مانند نیروهای چنگش و پیش‌بری که توسط اپراتور اعمال می‌شود، حالت دست و بازو، راستای ارتعاش، شرایط محیطی و غیره، در نظر گرفته نمی‌شوند. این استاندارد به عنوان کاربرد استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷، برای ارزیابی این عوامل راهنمایی مشخصی ارائه نمی‌کند. با این حال می‌دانیم که گزارش همه اطلاعات مرتبط برای بهبود روش‌های ارزیابی خطر ارتعاش، مهم است.

ارتعاشات مکانیکی- اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست- قسمت ۲: راهنمای عملی اندازه‌گیری در محل کار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی برای اندازه‌گیری و ارزیابی ارتعاش منتقل شده به دست در محل کار براساس استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷ می‌باشد.

این استاندارد برای اندازه‌گیری ارتعاشات و تعیین مدت مواجهه روزانه برای هر عملیات به منظور محاسبه مقدار کل انرژی ارتعاش در ۸ ساعت(مواجهه روزانه با ارتعاش)، اقدامات پیشگیرانه‌ای را توصیف می‌کند. این استاندارد برای تعیین فرآیندهای مناسب که بهتر است در تعیین مواجهه با ارتعاش منظور گردد، تمهیداتی را فراهم می-کند.

این استاندارد برای تمام موقعیت‌هایی که از طریق دستگیره‌ها یا ماشین‌های هدایت شونده دستی، قطعه کارهای مرتعش یا کنترل کننده‌های ماشین‌های ثابت یا سیار، افراد با ارتعاش منتقل شده به سیستم دست-بازو مواجه می‌شوند، به کار می‌رود.

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 صورتی‌که 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، شوک و ارتعاش مکانیکی، پایش وضعیت – واژه‌نامه

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۱۷۷، ارتعاشات مکانیکی – اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست – قسمت ۱: الزامات عمومی

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۷۱، پاسخ انسان به ارتعاش– دستگاه‌های اندازه‌گیری

۲-۴ استانداردهای ملی ایران سری ۱۰۴۰۸، ابزارهای قدرت قابل حمل دستی- اندازه‌گیری ارتعاشات دسته

2-5 ISO 5805, Mechanical vibration and shock – Human exposure – Vocabulary

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹ و استاندارد ISO 5805، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱-۱

ماشین تغذیه شونده با دست

ماشینی که در آن قطعه کار توسط اپراتور تغذیه می‌شود و انتقال ارتعاش از طریق قطعه گرفته‌شده با دست صورت می‌گیرد.

مثال: اره نواری، ماشین سنگ‌زنی ستونی.

۳-۱-۲

ماشین هدایت شونده با دست

ماشینی که توسط دستگیرهای اپراتور هدایت می‌شود و ارتعاش از طریق دستگیره‌ها، غربیلک یا سکان منتقل می‌شود.

مثال: ماشین چمن زنی، لیفتراک دستی، دستگاه سنگ‌زنی نوسانی.

۳-۱-۳

قطعه کار نگه داشته شده با دست

قطعه کاری که با دست نگه داشته می‌شود و ارتعاش انتقالی از طریق قطعه کار ممکن است بیشتر یا برابر با ارتعاش حاصل از ابزار موتوری[۱] باشد.

مثال: سنگ‌زنی قطعات ریخته‌گری شده با ماشین سنگ‌زنی ستونی، چوب تغذیه شده به اره نواری.

۳-۱-۴

تجهیزات موتوری نگه داشته شده با دست

تجهیزات موتوری که با دست نگه داشته می‌شوند.

مثال: مته برقی، قلم پنوماتیک، اره زنجیری.

۳-۱-۵

ابزار الحاقی

قطعات قابل تعویض یا قابل جایگزینی که در داخل یا بر روی ماشین یا ابزار موتوری تعبیه می‌شود.

مثال: مته دریل، قلم، زنجیر اره زنجیری، تیغه اره، سنگ سمباده.

---

۱ - ابزار موتوری (Power tool) شامل کلیه ابزارهایی است که نیروی محرک آن برقی، پنوماتیکی، هیدرولیکی و ... می‌باشد.

۶-۱-۳

عملیات

اقدامی قابل شناسایی که برای آن یک اندازه‌گیری نمونه از میزان ارتعاشات انجام شده است، این اقدام ممکن است برای استفاده از یک ابزار موتوری، یا نوعی از قطعه کار نگه داشته شده با دست یا برای یک مرحله از یک کار باشد.

۷-۱-۳

اپراتور

شخصی که از دست برای تغذیه، هدایت یا نگه داشتن ماشین یا ابزار موتوری از دست استفاده می‌کند.

۸-۱-۳

عملیات ابزار

هر دوره زمانی که طی آن ابزار موتوری به‌کار گرفته شود و اپراتور در مواجهه با ارتعاش منتقل شده به دست قرارگیرد.

۹-۱-۳

قطعه کار

قطعه‌ای که توسط ابزار موتوری بر روی آن کار انجام می‌شود.

۳-۲ نمادها

در این استاندارد نمادهای زیر به کار می رود:

نماد	شرح
a_{hwi}	مقدار جذر میانگین مربعات *(r.m.s)* شتاب تک محوره از ارتعاش منتقل شده به دست در فرکانس‌های وزن یافته برای عملیات i ام، برحسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2). پسوندهای x، y و z برای بیان جهت اندازه‌گیری به‌کار می‌رود، یعنی a_{hwix} ، a_{hwiy} و a_{hwiz}.
a_{hvi}	مقدار کل ارتعاش(گاهی به عنوان بردار مجموع یا مجموع شتاب در فرکانس‌های وزن یافته شناخته می‌شود) برای عملیات i ام (جذر مجموع مربعات مقادیر a_{hwi} برای ارتعاش اندازه-گیری شده در سه محور)، برحسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2).
$A(8)$	یک عبارت جایگزین کوتاه برای مواجهه با ارتعاش روزانه $a_{hv(eq,8h)}$
$A_i(8)$	سهم عملیات i ام در مواجهه با ارتعاش روزانه، برحسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) (برای راحتی تحت عنوان "مواجهه جزئی ارتعاش" شناخته می‌شود.)
T_0	دوره ۸ ساعته مرجع (۲۸۸۰۰ ثانیه)
T_i	کل دوره مواجهه با ارتعاش (روزانه) در عملیات i ام

۴ کمیت‌هایی که باید ارزیابی شوند

دو کمیت اصلی که باید برای هر عملیات i، در دوره مواجهه با ارتعاش ارزیابی شوند عبارتند از:

- مقدار کل ارتعاش a_{hvi} که بر حسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) بیان می‌شود؛ این مقدار از جذر میانگین مربعات مقادیر فرکانس وزن یافته ارتعاش منتقل‌شده به دست از سه محور a_{hwix} ، a_{hwiy} و a_{hwiz} محاسبه می‌شود،
- مدت زمان (در هر روز) T_i مواجهه با ارتعاش در عملیات i ام.

پارامتر اصلی که باید گزارش شود، مواجهه روزانه با ارتعاش $A(8)$ می‌باشد. این پارامتر از مقادیر a_{hvi} و T_i برای تمام عملیات‌ها محاسبه می‌شود (به بند ۸ مراجعه شود).

۵ آماده‌سازی فرآیند اندازه‌گیری

۵-۱ کلیات

کار اپراتور در یک محل کار شامل مجموعه‌ای از عملیات می‌باشد که ممکن است برخی از آن‌ها تکرار شوند. به دلیل تفاوت ابزارهای موتوری یا ماشین‌ها یا استفاده از آن‌ها در حالت‌های متفاوت، مواجهه با ارتعاش ممکن است از یک عملیات تا عملیاتی دیگر بسیار متفاوت باشد.

برای ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش، در ابتدا لازم است تا عملیاتی که نقش احتمالی آن‌ها در مواجهه کلی با ارتعاش مهم‌تر است شناسایی شود. سپس لازم است در مورد هر یک از این عملیات، برای فرآیندهای اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش، تصمیم‌گیری شود. روش‌هایی که باید مورد استفاده قرار گیرند، به خصوصیات محیط کار، الگوی کار و منبع ارتعاش بستگی خواهد داشت.

۵-۲ انتخاب عملیاتی که قرار است اندازه‌گیری شود

انجام اندازه‌گیری‌ها برای همه تجهیزات موتوری یا قطعه کارهایی که ممکن است سهم مهمی در مواجهه روزانه با ارتعاش داشته باشند، دارای اهمیت است. برای به دست آوردن یک تصویر خوب از میانگین مواجهه روزانه با ارتعاش، لازم است که همه موارد زیر شناسایی شود:

الف- منابع مواجهه با ارتعاش (یعنی ماشین آلات و ابزارهایی که مورد استفاده قرار می گیرند)،

ب- حالت‌های استفاده از ابزار موتوری، به عنوان مثال:

- اره زنجیری ممکن است بدون بار، یا در حالی‌که تنه یک درخت را برش می‌دهد زیر بار کامل یا در حالی‌که شاخه‌ها را برش می‌دهد زیر بار کم کار کند.
- دریل ممکن است در حالت ضربه‌ای یا غیر ضربه‌ای استفاده شده و ممکن است دارای گستره‌ای از سرعت‌های قابل تنظیم باشد.

پ- تغییرات در شرایط استفاده که ممکن است بر مواجهه با ارتعاش تاثیر بگذارد، به عنوان مثال:

- آسفالت بر[1] ابتدا بر روی یک سطح سخت بتنی استفاده شده و در ادامه بر خاک نرم زیرین مورد استفاده قرار می‌گیرد،

- سنگ سمباده در ابتدا برای برداشتن حجم زیادی از فلز به کار رفته و سپس در عملیات پیچیده‌تر برای تمیزکردن و شکل‌دادن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ت- ابزار الحاقی که ممکن است بر مواجهه با ارتعاش، تاثیر بگذارد، به عنوان مثال:

- ساینده‌ها[2] ممکن است با یک سری از صفحات ساینده با گرید متفاوت از درشت به ریز استفاده شوند،

- سنگ تراش[3] ممکن است از یک قلم پنوماتیک با گستره‌ای از تیغه[4]های مختلف استفاده شود.

علاوه بر این، به دست آوردن اطلاعات زیر می‌تواند مفید باشد:

ث- کسب اطلاعات از کارگران و سرپرستان در شرایطی که به نظر آن‌ها بیشترین دامنه ارتعاش تولید می‌شود،

ج- تخمین آسیب‌های بالقوه ارتعاش برای هر عملیات، با استفاده از اطلاعات تولیدکنندگان در مورد مقدار ارتعاش تولید شده (به پیوست الف مراجعه شود)، یا با استفاده از نتایج منتشر شده از اندازه‌گیری‌های قبلی در ابزارهای موتوری مشابه.

۵-۳ سازماندهی اندازه‌گیری‌ها

با چهار روش اساسی می‌توان به سازمان‌دهی اندازه‌گیری‌ها دست یافت:

الف- اندازه‌گیری طولانی مدت حین عملیات پیوسته ابزار

زمان استفاده طولانی و پیوسته بوده و در طول این زمان اپراتور با سطح مرتعش در تماس است. در این مورد اندازه‌گیری ارتعاش می‌تواند در بازه‌های طولانی، در دوره استفاده عادی از ابزار موتوری انجام شود. عملیات ممکن است شامل تغییراتی در دامنه ارتعاش باشد به شرطی که این تغییرات بخشی از روند عادی کار باشد.

ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش، علاوه بر اطلاعات دامنه ارتعاش، مستلزم ارزیابی مدت زمان مواجهه با ارتعاش در طول یک روز می‌باشد.

ب- اندازه‌گیری طولانی مدت حین عملیات متناوب ابزار

زمان استفاده طولانی است اما شامل توقف‌های کوتاهی است که مواجهه با ارتعاش در آن زمان وجود ندارد، هرچند، طی زمان استفاده و توقف‌ها، اپراتور با سطح (مرتعش) در تماس است. در این مورد اندازه‌گیری ارتعاش در بازه‌های طولانی در دوره استفاده عادی از ابزار موتوری انجام می‌شود، به شرطی که توقف‌ها در حین عملیات بخشی از فرآیند عادی کار بوده و اپراتور تماس با ابزار موتوری یا قطعه کار نگه‌داشته شده با دست را قطع نکرده یا تغییر قابل توجهی در حالت گرفتن دستگیره ابزار موتوری یا قطعه کار ایجاد نشود.

1- Road Breaker
2- Sander
3-Chisel
4-Chisel bit

ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش، علاوه بر اطلاعات دامنه ارتعاش، مستلزم ارزیابی مدت زمان مواجهه با ارتعاش در طول یک روز می‌باشد. در این مورد، دوره مواجهه با عملیات شامل توقف‌های کوتاه در مواجهه با ارتعاش بوده و در نتیجه دوره مواجهه با عملیات طولانی‌تر از دوره مواجهه اپراتور با ارتعاش خواهد شد.

پ- اندازه‌گیری کوتاه مدت حین عملیات متناوب ابزار

در موقعیت‌های زیادی دست از روی ابزار موتوری یا قطعه کار برداشته می‌شود، به عنوان مثال ابزار موتوری زمین گذاشته می‌شود، قسمت دیگری از ابزار موتوری با دست گرفته می‌شود یا قطعه کار دیگری برداشته می‌شود. در مواردی نیز تغییرات در ابزار موتوری اعمال می‌شود، مانند تعویض تسمه‌های ساینده یا تعویض سر مته یا استفاده از ابزار جایگزین. در این موارد اندازه‌گیری‌های کوتاه مدت فقط می‌تواند در هر مرحله از کار انجام شود.

در برخی موارد به دست آوردن اندازه‌های قابل اعتماد در طی فرآیند عادی کار دشوار یا غیر ممکن است زیرا دوره مواجهه برای اندازه‌گیری بیش از حد کوتاه است. در این موارد اندازه‌گیری‌ها طی عملیات شبیه‌سازی‌شده که توالی کار به شکل ساختگی و تا حد امکان شبیه به شرایط عادی مرتب می‌شود، می‌تواند انجام شوند.

ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش، علاوه بر اطلاعات دامنه ارتعاش، مستلزم ارزیابی مدت زمان مواجهه برای هر فاز کاری نیز می‌باشد.

ت- اندازه‌گیری در مدت ثابت برای ابزارهای با عملکرد ضربه‌ای یا شوک‌های تکی یا چندگانه

برخی از فعالیت‌ها شامل مواجهه با ارتعاش به صورت ضربات متناوب کوتاه مدت می‌باشد که ممکن است به صورت شوک‌های تکی یا چندگانه باشند، مانند: پرچ‌زن بادی، تفنگ میخ‌کوب و غیره، یا مواجهه ضربه‌ای باشد مانند: آچارهای ضربه‌ای برقی. در چنین مواردی غالبا مشکل است که زمان‌های واقعی مواجهه ارزیابی شوند، اگرچه تعداد ضربات ارتعاش در هر روز قابل تخمین زدن است. در چنین مواردی اندازه‌گیری‌ها در یک دوره ثابت که با یک یا چند عملیات کامل ابزار صورت می‌گیرد، مجاز است. توصیه می‌شود در صورت امکان دوره اندازه‌گیری کمی هم قبل از ضربات، هم در بین ضربات و هم بعد از ضربات ارتعاشی باشد.

ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش، علاوه بر اطلاعات دامنه ارتعاش و تخمین تعداد مواجهه با ضربات ارتعاشی در یک روز، مستلزم اطلاعات دوره اندازه‌گیری و تعداد ضربات ارتعاشی در آن دوره نیز می‌باشد.

یادآوری۱- در شرایطی که کارگر در معرض شوک‌های تکی چندگانه یا ارتعاشات گذرا قرار دارد (مانند ابزارهای چفت و بست)، روش ارائه شده در استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷ ممکن است کافی نبوده و شدت مواجهه با شوک را کمتر تخمین می‌زند. هرچند در غیاب روشی بهتر، استفاده از این استاندارد با رعایت احتیاط‌های لازم و ارائه داده‌های لازم امکان پذیر است.

یادآوری۲- در جایی‌که اندازه‌گیری‌های دامنه ارتعاش باید مقایسه شوند (مانند مقایسه ارتعاش تولید شده توسط دو ابزار موتوری متفاوت یا ابزارهای مختلف قابل تعویض)، انجام اندازه‌گیری در حین عملیات پیوسته ابزار و بدون هیچ گونه وقفه در مواجهه با ارتعاش، مهم است.

۵-۴ دوره اندازه‌گیری ارتعاش

۵-۴-۱ اندازه‌گیری در طی کار عادی

توصیه می‌شود اندازه‌گیری، به صورت میانگین اندازه‌گیری‌ها در سراسر بازه‌ای که بیانگر استفاده از یک ابزار موتوری، ماشین یا فرآیند است، بیان گردد. در صورت امکان بهتر است بازه اندازه‌گیری از زمانی‌که دستگیرهای کارگر اولین تماس را با سطح مرتعش برقرار می‌کند آغاز، و تا زمانی‌که تماس قطع می‌شود، ادامه یابد. این بازه ممکن است، شامل تغییرات در دامنه ارتعاش و حتی شامل دوره‌هایی که مواجهه وجود ندارد نیز باشد.

در صورت امکان، توصیه می‌شود یک مجموعه اندازه‌گیری در زمان‌های مختلف روز انجام گرفته و میانگین آن‌ها به‌طوری‌که تغییرات ارتعاش در طی روز لحاظ شده باشد، محاسبه گردد.

یادآوری۱ – میانگین دامنه ارتعاش از یک مجموعه N تایی نمونه دامنه ارتعاش، از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{j=1}^{N} a_{hwj}^2 t_j}$$

که در آن:

a_{hwj} دامنه ارتعاش اندازه‌گیری شده برای نمونه j ام می‌باشد؛

t_j مدت اندازه‌گیری نمونه j ام می‌باشد و

$$T = \sum_{j=1}^{N} t_j$$

مواجهه با ارتعاش غالباً در دوره‌های کوتاه مدتی که بارها در طول روز کاری تکرار می‌شود، رخ می‌دهد. با این‌که اندازه‌گیری‌ها می‌تواند میانگینی از عملیات در سیکل‌های کامل باشد (شامل دوره‌هایی که منبع ارتعاش خاموش است)، معمولاً فقط میانگین دوره‌های کوتاه مدتی است که دست با سطح مرتعش در تماس است.

حداقل دوره قابل قبول برای اندازه‌گیری ارتعاشات، به سیگنال، تجهیزات و خصوصیات عملیات بستگی دارد. توصیه می‌شود کل زمان اندازه‌گیری (یعنی تعداد نمونه‌ها ضرب در مدت هر اندازه‌گیری) حداقل یک دقیقه باشد. برداشتن چند نمونه کوتاه مدت به برداشتن یک نمونه بلند مدت ارجحیت دارد. بهتر است برای هر عملیات حداقل سه نمونه برداشته شود.

بعید است که اندازه‌گیری‌ها در دوره‌های بسیار کوتاه (مثلاً کمتر از هشت ثانیه) قابل اعتماد باشند، مخصوصاً در ارزیابی اجزای فرکانس-پایین، توصیه می‌شود تا حد امکان از این اندازه‌گیری‌ها اجتناب شود. درجایی‌که اندازه-گیری‌های بسیار کوتاه مدت اجتناب ناپذیر است (مثلا انواع خاصی از سنگ‌زن ستونی که زمان تماس ممکن است خیلی کوتاه باشد)، توصیه می‌شود که بیشتر از سه نمونه برداشته شود تا مجموع زمان نمونه‌برداری بیشتر از یک دقیقه شود.

۵-۴-۲ فرآیندهای شبیه‌سازی شده کار

زمانی‌که اندازه‌گیری در طول فعالیت عادی ابزار ممکن نباشد یا سخت باشد، از فرآیندهای شبیه‌سازی شده می‌توان برای ساده سازی فرآیند اندازه‌گیری ارتعاش استفاده کرد.

دست‌یابی به اندازه‌گیری‌ها بر روی بازه‌هایی طولانی‌تر از آنچه که در طول فرآیند عادی کار مقدور است، اصلی‌ترین نقش فرآیندهای شبیه‌سازی شده کار می‌باشد. به عنوان مثال، در سنگ‌زنی قطعات کوچک ریخته‌گری شده، ممکن است برای هر قطعه فقط به چند ثانیه زمان نیاز باشد. بهتر است برای اندازه‌گیری از یک فرآیند شبیه‌سازی استفاده شود بدین صورت که سنگزنی با تعداد کمی قطعه ضایعاتی صورت گیرد و هر قطعه چندین بار سنگ‌زنی شود به جای آن‌که اندازه‌گیری در دوره‌های کوتاه مدت بر روی هر قطعه انجام شود.

برداشتن، گذاشتن یا جایگزین کردن ابزار موتوری یا قطعه‌کار ممکن است باعث ایجاد اختلال در اندازه‌گیری شود. با اندازه‌گیری طی فرآیند کار شبیه‌سازی شده، به‌گونه‌ای که از این وقفه‌ها اجتناب شود، می‌توان از این اختلالات پیشگیری کرد.

۵-۵ برآورد مدت زمان ارتعاش روزانه

مدت زمان مواجهه روزانه برای هر منبع ارتعاش باید به دست آید. غالباً زمان مواجهه روزانه با ارتعاش براساس پارامترهای زیر خواهد بود:

الف- اندازه‌گیری زمان واقعی مواجهه روزانه در طی یک دوره استفاده عادی (مثلاً ارزیابی بر روی یک سیکل کامل کار یا در طی یک دوره عادی ۳۰ دقیقه‌ای)،

ب- اطلاعات در مورد سرعت کار (مثلاً تعداد سیکل کار در هر شیفت یا طول شیفت)،

این اندازه‌گیری‌ها طول دوره مواجهه روزانه اپراتور با ارتعاش و نوع منبع ارتعاش در طی یک دوره مشخص را تعیین خواهد کرد. از تکنیک‌های متفاوتی می‌توان استفاده کرد، به عنوان مثال:

- استفاده از کرونومتر؛
- استفاده از دیتالاگر[1] اختصاصی مرتبط با کاربری ابزار موتوری؛
- تجزیه و تحلیل فیلم‌های ضبط شده؛
- نمونه گیری از فعالیت.

قابل اطمینان‌ترین منبع اطلاعات در مورد سرعت کار، سوابق کار است. با این حال، حصول اطمینان از سازگاری این اطلاعات با اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش روزانه مهم است. به عنوان مثال، سوابق کار ممکن است اطلاعات بسیار دقیقی در مورد تعداد آیتم‌های کار تمام شده در پایان هر روز بدهد، اما چنانچه بیش از یک اپراتور کار را تکمیل کرده باشند یا در پایان یک شیفت، کاری ناتمام مانده باشد، این اطلاعات به طور مستقیم برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش، به‌کار نمی‌آید.

1 - Data logger

هر یک از روش‌ها که برای اندازه‌گیری ارتعاش استفاده شود، کل زمان مواجهه در هر روز، به دست خواهد آمد. اگر ارتعاش در یک دوره‌ی کاری کامل متوسط‌گیری شده باشد، زمان مواجهه روزانه به سادگی از ضرب طول مدت هر سیکل کاری در تعداد سیکل در هر روز، به دست می‌آید. اگر اندازه‌گیری در یک دوره در حالی که دست در تماس با سطح مرتعش است، انجام شده باشد، کل زمان تماس در هر روز، ارزیابی می‌شود.

هشدار- به طور کلی، زمانی‌که از اپراتور اطلاعاتی در مورد استفاده روزانه معمولی از ابزار موتوری خواسته می‌شود، به طور معمول تخمینی بیش از مدت زمان استفاده از ابزار موتوری را می‌دهد که شامل وقفه در عملیات ابزار نیز می‌شود (به عنوان مثال توقف در زمان استفاده از آچار مهره سفت کن[1] بین مهره‌ها یا زمان آماده سازی یک قطعه کار جدید).

یادآوری- استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷، یک سیستم ارزیابی برای مواجهه روزانه با ارتعاش فقط در یک روز کاری را فراهم می‌کند. نمی‌توان روش ارائه شده در استاندارد مذکور را به مواجهه با ارتعاش برای دوره‌ای بیش از یک روز تعمیم داد. هرچند، در برخی شرایط ممکن است ارزیابی مواجهه بر اساس اطلاعات مواجهه به دست آمده در طول دوره‌های بیش از یک روز مطلوب باشد. به عنوان مثال، در برخی کارها مدت زمان استفاده از ابزار موتوری ارتعاشی، تغییرات قابل توجهی را از یک روز به روز بعد دارد (به عنوان مثال صنایعی از قبیل ساخت و ساز یا کشتی سازی و تعمیرات). در این نوع کارها، مشاهده یا ثبت کار برای به دست آوردن زمان‌های مواجهه روزانه دشوار و یا غیرممکن است. پیوست **ب** نمونه‌هایی از روش‌هایی که برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش در طول دوره‌های بیش از یک روز استفاده شده است را ارائه می‌دهد.

۶ اندازه‌گیری دامنه ارتعاش

۶-۱ تجهیزات اندازه‌گیری

۶-۱-۱ کلیات

سیستم‌های اندازه‌گیری ارتعاش به طور کلی از شتاب‌سنج‌ها برای آشکارسازی حرکت سطح مرتعش استفاده می‌کنند. سیگنال ارتعاش شتاب‌سنج می‌تواند از روش‌های متفاوتی پردازش شده تا اندازه شتاب فرکانس وزن یافته حاصل شود.

اندازه‌گیری ارتعاشات می‌تواند به سادگی با اندازه‌گیرهای ارتعاشی تک واحدی، نمایش‌دهنده‌های فرکانس وزنی[2] و سنجه کل ارتعاش، انجام شود. طراحی اولیه این سیستم‌ها برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش در محل کار صورت گرفته است؛ این سیستم‌ها عموماً برای بیشتر موارد مدنظر این استاندارد کفایت می‌کنند. با این حال، تجهیزات ساده نمی‌توانند خطاهای مرتبط با اندازه‌گیری‌های ارتعاشات را نشان دهند.

بیشتر سیستم‌های اندازه‌گیری سطح بالا غالباً حول برخی فرم‌های آنالیز فرکانسی بنا شده‌اند. (مثلاً یک سوم اکتاو یا باند باریک)، این‌ها می‌توانند از ثبت داده‌های آنالوگ یا دیجیتال برای ذخیره‌سازی اطلاعات زمان و نیز

1- Nut runner
2 - Frequency weighting

اکتساب داده و تکنیک‌های آنالیز برپایه کامپیوتر استفاده کنند. به‌کارگیری این سیستم‌ها پرهزینه‌تر و پیچیده‌تر از سیستم‌های تک واحدی می‌باشد.

در جایی‌که هرگونه شکی در مورد کیفیت سیگنال شتاب وجود دارد (به عنوان مثال شیفت DC، به بند ۶-۲-۴ مراجعه شود) داشتن اطلاعات لازم از آنالیز فرکانس مفید می‌باشد. آنالیز فرکانس، اطلاعاتی را در مورد فرکانس-های غالب و هارمونیک‌های آن فراهم خواهدکرد که می‌تواند به شناسایی اقدامات مؤثر برای کنترل ارتعاشات کمک کند.

در محدوده کاربرد استاندارد ملی ۱-۱۹۱۷۷ (به عنوان مثال شوک‌های تکی تکرارشونده، اجزای فرکانسی غالب بیش از ۱۲۵۰Hz) هرگونه اطلاعات تکمیلی موجود، به عنوان مثال اطلاعاتی از سیستم‌های اندازه‌گیری پیچیده-تر، می‌تواند مفید باشد.

تجهیزات مورد نیاز برای اندازه‌گیری و آنالیز مناسب حداقل الزامات عملکردی در استاندارد ملی ۱۴۵۷۱ داده شده است (به عنوان مثال خصوصیات فرکانس وزنی، رواداری‌ها، بازه دینامیکی، حساسیت، خطی بودن و ظرفیت تحمل اضافه بار).

۶-۱-۲ شتاب‌سنج‌ها

۶-۱-۲-۱ کلیات

به‌طورکلی انتخاب شتاب‌سنج براساس دامنه ارتعاش مورد انتظار، بازه فرکانسی مورد نیاز، خصوصیات فیزیکی سطحی که قرار است اندازه‌گیری شود و محیطی که قرار است در آن استفاده شود، صورت می‌گیرد.

۶-۱-۲-۲ دامنه ارتعاش

ماشین‌های دستی می‌توانند ارتعاشاتی با دامنه بالا تولید کنند. به عنوان مثال یک چکش پنوماتیکی بیشترین شتابی که تولید می‌کند بین $۲۰۰۰۰\ m/s^2$ تا $۵۰۰۰۰\ m/s^2$ است. هرچند، بیشتر این انرژی در فرکانس‌هایی است که خارج از بازه فرکانسی مورد استفاده در این سری استاندارد می‌باشد. بنابراین شتاب‌سنج انتخاب شده برای اندازه‌گیری باید بتواند در ارتعاشاتی با دامنه بالا کار کرده و همچنان قادر به پاسخگویی به ارتعاشات با دامنه پایین در بازه فرکانسی ۶٫۳ Hz تا ۱۲۵۰Hz نیز باشد (فرکانس‌های میانی یک سوم اکتاوباند). برای استفاده از فیلترهای مکانیکی برای خنثی کردن ارتعاشات در فرکانس‌های خیلی بالا به پیوست پ مراجعه شود.

۶-۱-۲-۳ بازه فرکانس

انتخاب شتاب‌سنج تحت تاثیر اولین فرکانس طبیعی شتاب‌سنج خواهد بود، که از خصوصیات شتاب‌سنج است (گاهی "فرکانس رزونانس نصب شده"، "فرکانس طبیعی" یا "فرکانس رزونانس" نامیده می‌شود). اطلاعات اولین فرکانس طبیعی توسط سازنده شتاب‌سنج ارائه می‌شود. استاندارد ملی ۱۱۸۰۲ توصیه می‌کند، بهتر است اولین فرکانس طبیعی بیشتر از پنج برابر حداکثر فرکانس مورد نظر باشد (برای ارتعاشات منتقل شده به دست، این مقدار متناظر ۶۲۵۰ Hz می‌باشد). به طور معمول، برای شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک، توصیه می‌شود اولین

فرکانس طبیعی بالاتر و در حالت ایده‌آل بیش از ۳۰ kHz باشد تا انحراف احتمالی شیفت DC را کاهش دهد (به بند ۶-۲-۴ مراجعه شود).

یادآوری- اولین فرکانس طبیعی شتاب‌سنج نباید با فرکانس رزونانس حاصل از شتاب‌سنج نصب شده بر روی قطعه کار یا ابزار موتوری (نگه‌داشته شده با دست) اشتباه گرفته شود. در عمل، رزونانس شتاب‌سنج نصب شده بر روی قطعه‌کار یا ابزار موتوری (نگه-داشته شده با دست) به طور قابل ملاحظه‌ای از اولین فرکانس طبیعی کمتر می‌باشد (به بند ۶-۱-۴ مراجعه شود).

۶-۱-۲-۴ اثر جرم

هنگامی‌که شتاب‌سنج‌ها به یک سطح مرتعش متصل می‌شوند خصوصیات ارتعاشی سطح تغییر می‌کند. شتاب-سنج(های) سبک‌تر، خطای کمتری ایجاد می‌کند (به بند ۶-۱-۵ مراجعه کنید).

۶-۱-۲-۵ شرایط محیطی

در هنگام انتخاب شتاب‌سنج، به‌خصوص برای استفاده در محیط‌های کاری خشن، لازم است حساسیت شتاب-سنج به دما، رطوبت و سایر عوامل محیطی در نظرگرفته‌شود (به استاندارد ملی ۱۴۵۷۱ مراجعه شود).

۶-۱-۳ موقعیت شتاب سنج‌ها

توصیه می‌شود اندازه‌گیری ارتعاشات براساس استاندارد ملی ۱-۱۹۱۷۷، در سطحی نزدیک دست (یا دستگیرها) در جایی که ارتعاش به بدن می‌رسد انجام شود. ترجیحاً بهتر است شتاب‌سنج در مرکز محل چنگش قرار گیرد (مثلاً در وسط راستایی که دست، ابزار موتوری را می‌گیرد)، در این موقعیت بهترین ارزیابی از ارتعاش وارده به دست حاصل می‌شود هرچند، به طور کلی قراردادن ترانسدیوسرها در این نقطه امکان پذیر نیست. ترانسدیوسرها با چنگش عادی در هنگام استفاده اپراتور تداخل خواهد داشت.

اندازه‌گیری‌هایی که به طور مستقیم در زیر دست انجام می‌شود معمولا فقط با استفاده از آداپتورهای خاصی (وسیله اتصال شتاب‌سنج به ابزار یا قطعه‌کار) امکان پذیر است (به پیوست ت مراجعه شود). توصیه می‌شود این آداپتورها زیر دست یا بین انگشتان نصب شود. در اکثر اندازه‌گیری‌های عملی، شتاب‌سنج‌ها در هر دو طرف دست یا زیر دستگیره ابزار، در مقابل وسط دست، نصب می‌شوند. برای آداپتورهایی که بین انگشتان قرار می‌گیرند، بهتر است ترانسدیوسرها تا حد امکان نزدیک به سطح دستگیره ابزار نصب شوند تا تقویت اجزای پیچشی ارتعاش به حداقل برسد. بهتر است آداپتورها هیچ‌گونه فرکانس رزونانسی،که بر ارتعاش اندازه‌گیری شده موثر است، نداشته باشند.

ممکن است تفاوت‌هایی در ارتعاش اندازه‌گیری شده در امتداد عرض دست وجود داشته باشد، به خصوص برای ابزارهای موتوری دستی با دستگیره‌های جانبی، مانند سمباده‌های زاویه‌دار و به خصوص درجایی‌که دستگیره‌های انعطاف پذیر نصب شده باشد. در این موارد توصیه می‌شود دو شتاب‌سنج در دو طرف دست قرارداده شود؛ سپس از میانگین دو ارتعاش اندازه‌گیری شده برای تخمین مواجهه با ارتعاش استفاده شود.

در استانداردهای ملی سری ۱۰۴۰۸ و سایر استانداردهای بین‌المللی، برای بیشتر ابزارهای موتوری دستی، موقعیت‌ها و محورهای مشخصی برای اندازه‌گیری ارتعاش تعریف شده است؛ مثال‌هایی از این موقعیت‌های اندازه-گیری، در پیوست الف خلاصه شده است. موقعیت اندازه‌گیری تعریف شده در استانداردهای ملی سری ۱۰۴۰۸ برای نوع خاصی از اندازه‌گیری (معمولا تک محوری) طراحی شده است و لزوماً برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش مناسب نمی‌باشد. اگرچه در برخی از موقعیت‌ها می‌توان اطمینان حاصل کرد که اندازه‌گیری ارتعاش در محل کار با موقعیت‌ها و محورهای داده شده، برای اندازه‌گیری ارتعاش ایجاد شده، مناسب می‌باشد.

۶-۱-۴ نصب شتاب‌سنج‌ها

۶-۱-۴-۱ کلیات

توصیه می‌شود شتاب‌سنج‌ها محکم به سطح مرتعش متصل شوند. پیوست ت جزئیاتی در مورد بعضی از روش-های نصب ارائه می‌دهد. روشی که انتخاب می‌شود باید ثبات کافی را به سطح مرتعش بدهد، با عملکرد ابزار موتوری تداخل نداشته و تاثیری بر خصوصیات سطح مرتعش نداشته باشد. انتخاب روش نصب به وضعیت خاص اندازه‌گیری بستگی خواهد داشت، هر روشی مزایا و معایبی دارد.

بهتر است سیستم نصب شده، پاسخ فرکانسی یکنواختی را در سرتاسر گستره فرکانسی که اندازه‌گیری شده است ارائه دهد، به عنوان مثال ضعیف یا قوی نشده و رزونانسی در گستره فرکانسی نداشته باشد. همچنین سیستم نصب شده به طور محفوظ بر سطح مرتعش قرارگرفته و همه‌ی تثبیت‌کننده‌های آن با دقت، قبل و بعد از اندازه-گیری بررسی شوند.

شتاب‌سنج‌های نصب شده بر روی ابزار موتوری یا قطعه‌کار کنترل شده با دست لزوماً مزاحم بوده و تاثیراتی را بر نحوه کار اپراتور خواهند داشت. توصیه می‌شود نصب ترانسدیوسرها به‌گونه‌ای ترتیب داده شود که اپراتور تا حد امکان بتواند به شکل عادی به کار خود بپردازد. ضروری است قبل از اندازه‌گیری، نحوه گرفتن ابزار موتوری و قطعه کار نگه داشته شده با دست، به دقت مورد ملاحظه قرارگیرد تا بهترین موقعیت و جهت نصب شتاب‌سنج مشخص شود. موقعیت (موقعیت‌ها) و جهت ترانسدیوسرها گزارش شود.

بسیار مهم است که از تداخل با کنترل‌های ابزار موتوری یا با عملکرد ایمن ماشین یا ابزار موتوری اجتناب گردد. در اغلب ابزارهای موتوری بهترین محل اندازه‌گیری بر روی دکمه خاموش-روشن دستگاه می‌باشد. باید توجه داشت و اطمینان حاصل کرد که ترانسدیوسرها، کابل‌ها و اتصالات، مانع از کنترل ابزار موتوری نشوند.

۶-۱-۴-۲ نصب بر روی سطوح با پوشش انعطاف پذیر

هنگامی‌که ابزار موتوری دارای پوششی نرم بر روی سطح خارجی می‌باشد، خصوصیات ارتعاش گذرنده از پوشش، به نیرویی که سیستم نصب شده به آن وارد می‌کند، بستگی دارد. در این موارد باید توجه داشت و اطمینان حاصل‌کرد که اندازه‌گیری ارتعاش، متاثر از ماده انعطاف‌پذیر نباشد. اگر به نظر نمی‌رسد که پوشش تاثیری بر کاهش مواجهه با ارتعاش داشته باشد، یکی از این دو کار زیر را می‌توان انجام داد:

- حذف ماده انعطاف پذیر از زیر ترانسدیوسرها، یا
- چسباندن ترانسدیوسرها با فشار به طوری‌که ماده انعطاف پذیر کاملاً فشرده شود.

در بیشتر موارد، این تمهیدات کافی خواهد بود. اگرچه، خصوصیات ارتعاش گذرنده از پوشش را در نظر نمی‌گیرد. به طورکلی، مواد انعطاف‌پذیر روی دستگیره‌های ابزار موتوری، گزینه مناسبی برای کاهش ارتعاش نیستند اما سطح چنگش خوبی را فراهم می‌کنند. هرگونه پوشش انعطاف‌پذیر، معمولاً تاثیری بر دامنه ارتعاش فرکانس وزن-یافته[1] نخواهدداشت.

چنانچه پوشش انعطاف‌پذیر، به عنوان مثال اگر یک لایه ضخیم از مواد انعطاف‌پذیر باشد، بتواند مواجهه با ارتعاش را کاهش دهد، ترانسدیوسر به آداپتور چسبانده می‌شود (به بند۲-۴ پیوست ت مراجعه شود) که در مقابل سطح مرتعشی قراردارد که با چنگش عادی دست اپراتور، نگه‌داشته شده‌است. (آداپتور را می‌توان در این موقعیت با استفاده از نوار چسب سبکی که دور دستگیره ابزار موتوری و آداپتور پیچیده شده است، نگه داشت). این نوع اندازه‌گیری مشکل است، اما می‌تواند دلالت بهتری بر مواجهه واقعی با ارتعاش داشته باشد.

یادآوری- ممکن است از مواد انعطاف‌پذیر ضعیف، برای تقویت ارتعاش در فرکانس‌های خاص، استفاده شده باشد.

۶-۱-۴-۳ نصب بر روی دستگیره‌ها یا نقاط چنگش ساخته شده با پوشش انعطاف پذیر سبک

برای ابزارهای موتوری با دستگیره یا نقاط چنگش ساخته شده با پوشش انعطاف پذیر سبک مانند دستگیره‌های جانبی پلاستیکی روی بعضی از ساینده‌ها یا سنگ سمباده‌ها، از چسب برای نصب شتاب‌سنج‌های کم جرم به سطح پوشش، می‌توان استفاده کرد.

۶-۱-۵ جرم شتاب‌سنج

چسباندن شتاب‌سنج به سطح مرتعش، بر روی ارتعاشات سطح، تاثیر خواهد داشت. هرچه جرم افزوده شده به سطح بیشتر باشد، تاثیرش بیشتر است. اگر جرم ابزار موتوری، دستگیره ابزار موتوری یا قطعه کار نگه داشته شده با دست در مقایسه با کل جرم شتاب‌سنج یا شتاب‌سنج‌ها و سیستم مونتاژ شده که به آن اضافه شده، کم باشد (کمتر از ٪۵)، این تاثیرات را می‌توان نادیده گرفت.

یادآوری- برای سیستم‌های اندازه‌گیری سه محوره در عمل جرم کمتر از ۳۰ گرم به دست آمده است.

اگر هرگونه شکی در مورد تاثیر جرم ترانسدیوسرها وجود داشته باشد، توصیه می‌شود آزمون‌های زیر انجام شود:

الف- اتصال شتاب‌سنج(ها) به دستگیره ابزار موتوری یا قطعه‌کار نگه داشته شده با دست و اندازه‌گیری دامنه ارتعاش،

ب- تکرار اندازه‌گیری با جرم اضافی مشابه شتاب‌سنج، که جداگانه به ابزار موتوری یا قطعه کار نگه داشته شده با دست نصب شده و در کنار شتاب‌سنج قرار می‌گیرد.

---

1 - Frequency-weighted

پ- اگر دامنه ارتعاش حاصل از دو اندازه‌گیری، تفاوت آشکاری داشته باشند، بهتر است شتاب‌سنج یا سیستم مونتاژی سبک‌تری استفاده شود.

۶-۱-۶ اندازه‌گیری سه محوره

در اندازه‌گیری سه محوره، استفاده از سیستم مختصات وسط محور[1] که در استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷ تعریف شده‌است، ارجحیت دارد. هرچند، در برخی موقعیت‌ها اندازه‌گیری سه محوره ممکن است امکان پذیر یا ضروری نباشد. در چنین موقعیت‌هایی براساس الزامات استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۱۷۷، ضریبی به‌کار می‌رود تا نتایج اندازه‌گیری تک‌محوره یا دو محوره، تخمینی از مقدار کل ارتعاش ارائه دهد.

توصیه می‌شود ضریب به‌کار رفته بین ۱٫۰ برای ابزارهایی با یک محور غالب و ۱٫۷ برای جایی‌که اندازه یک محور بیانگر ارتعاش در هر سه محور است، باشد. (ارتعاش یک محور وقتی غالب است که مقدار ارتعاش هر یک از دو محور مغلوب کمتر از ٪۳۰ مقدار ارتعاش محور غالب باشد.) در جایی‌که از اندازه‌های یک محور استفاده می‌شود، آن محور باید محور غالب باشد.

مثال۱: جایی‌که جهت قطعه کار به‌طور پیوسته در دستان اپراتور در حال تغییر است (به عنوان مثال سنگزن ستونی قطعات کوچک)، اندازه‌گیری یک محوره می‌تواند برای تخمین مواجهه با ارتعاش کافی باشد. مقدار کل ارتعاش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

در این مثال، مقدار کل ارتعاش تخمین زده از یک اندازه شتاب، $a_{hw,measured}$، محاسبه می‌شود که فرض می‌شود بیانگر ارتعاش در هر سه محور سیستم مختصات وسط محور است. یعنی

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw,measured}^2 + a_{hw,measured}^2 + a_{hw,measured}^2} = \sqrt{3}\, a_{hw,measured} = 1.73 a_{hw,measured}$$

بنابراین توصیه می‌شود ضریب ۱٫۷۳ (حدود ۱٫۷) برای تخمین مقدار کل ارتعاش استفاده شود. در نتیجه مقدار کل ارتعاش تخمین زده شده، ۱٫۷ برابر مقدار اندازه ارتعاش یک محور است.

مثال۲: اندازه‌گیری‌های اولیه آسفالت بر، نشان‌دهنده غالب بودن ارتعاش محور عمودی است و ارتعاش در سایر محورها همواره کمتر از ٪۳۰ ارتعاش در محور غالب، $a_{hw,dominant}$ است. در این مورد مقدار کل ارتعاش تخمین زده شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw,dominant}^2 + (0.3 a_{hw,dominant})^2 + (0.3 a_{hw,dominant})^2} = \sqrt{1 + 2 \times 0.3^2}\, a_{hw,dominant} = 1.086 a_{hw,dominant}$$

بنابراین ضریب ۱٫۰۸۶ (حدود ۱٫۱) مناسب است. در نتیجه مقدار کل ارتعاش تخمین زده شده، ۱٫۱ برابر مقدار ارتعاش محور غالب می‌باشد.

1 - Basicentric

۶-۱-۷ اندازه‌گیری همزمان و پی‌درپی

اندازه‌گیری همزمان ارتعاش در سه محور ارجحیت دارد. هرچند، بعضی از تجهیزات تنها اجازه اندازه‌گیری در یک محور را می‌دهند و در بسیاری از وسایل سبک توصیه می‌شود در یک زمان تنها در یک محور اندازه‌گیری انجام شود (اندازه‌گیری پی‌درپی). برحسب الزامات، باید اطمینان یافت که در مقایسه با جرم ابزار موتوری، دستگیره آن ابزار یا قطعه کار نگه‌داشته شده با دست، جرم کل شتاب‌سنج‌ها و سیستم مونتاژ آن‌ها اندک باشد.

درجایی‌که اندازه‌گیری‌های پی‌درپی انجام می‌شود، از ثابت ماندن تمام شرایط عملیات در حین اندازه‌گیری ارتعاش در راستای سه محور X، Y و Z اطمینان حاصل کنید.

۶-۱-۸ فرکانس وزنی

جزئیات پارامترهای فرکانس وزنی در استاندارد ملی ۱-۱۹۱۷۷ و استاندارد ملی ۱۴۵۷۱ داده شده است.

فرکانس وزنی می‌تواند از روش‌های زیر به دست آید:

- فیلترهای آنالوگ؛
- فیلترهای دیجیتال سیگنال زمان؛
- استفاده از فاکتورهای وزنی یک سوم اکتاو باند یا آنالیز طیف فرکانسی باند باریک.

مهم است که روش‌های دیجیتال، مانند فیلترهای دیجیتال و آنالیز تبدیل فوریه سریع (FFT) [1]، بر روی بازه کامل فرکانسی پوشش داده شده با باند یک سوم اکتاو از ۶٫۳ Hz تا ۱۲۵۰ Hz به‌طور مناسبی قادر به فراهم کردن آنالیز دقیقی باشند. این آنالیزها باید رزولوشن خوبی در فرکانس‌های پایین فراهم کنند و سرعت نمونه‌برداری آن‌ها به حدکافی بالا باشد تا اطلاعات دقیقی در فرکانس‌های بالا بدهد.

مهم است که آنالیز FFT از پنجره‌های زمانی مناسبی استفاده کند. برای ابزارهایی با عملکرد چرخشی پیوسته یا چرخشی کوبه‌ای[2]، تابع پنجره هنینگ[3] غالباً مناسب است. برای ابزارهای ضربه‌ای[4] با نرخ ضربه کمتر از ۱۰ برابر مقدار افزایش فرکانس آنالیز فرکانس باند باریک، توصیه می‌شود سایر توابع پنجره‌ای به‌کار رود. برای فرکانس‌های ضربه‌ای پایین، به عنوان مثال جایی‌که نرخ ضربه برابر یا کمتر از مقدار افزایش فرکانس است، آنالیز نمونه‌ای با استفاده از پنجره نمایی توصیه می‌شود.

۶-۱-۹ استفاده از ثبت کننده داده‌ها

ثبت اطلاعات سیگنال‌های ارتعاش غالباً می‌تواند مفید باشد و انجام آنالیز یک مجموعه داده مشابه با روش‌های متفاوت را امکان پذیر می‌سازد.

---

1 -Fast Fourier Transform
2 -Rotary percussive
3 -Hanning
4- Impactive tools

ثبت اطلاعات با استفاده از تکنیک‌های ثبت دیجیتال یا آنالوگ قابل دستیابی است. در همه موارد، ثبت کننده باید دارای گستره دینامیکی کافی بوده تا اطمینان حاصل شود که سیگنال‌های ارتعاش در سراسر گستره فرکانسی به شکل قابل اطمینانی ثبت می‌شوند. ثبت‌کننده‌های آنالوگ که غالباً دارای گستره دینامیکی از ۴۰ dB تا ۵۰dB هستند، معمولا سبب حذف اجزای فرکانس پایین سیگنال شتاب در نویز[1] نوار مغناطیسی می‌شوند. سیستم‌های دیجیتال خصوصیات گستره دینامیکی بهتری را عرضه می‌کنند، اگرچه همچنان لازم است تا اطمینان حاصل شود که بهترین استفاده از گستره موجود به کار گرفته شود.

بعضی از سیستم‌های ثبت دیجیتال و آنالوگ با استفاده از روش‌های فشرده‌سازی فضای اشغال شده توسط داده را به حداقل می‌رساند؛ توصیه می‌شود از این تکنیک‌ها اجتناب شود مگر بتوان نشان داد که در این سیستم‌ها اطلاعات سیگنال از دست نمی‌رود.

توصیه می‌شود تجهیزات اندازه‌گیری که شامل عناصر ثبت اطلاعات هستند با الزامات استاندارد ملی ۱۴۵۷۱ منطبق باشند.

۶-۱-۱۰ گستره اندازه‌گیری

اکثر تجهیزات، به کاربر اجازه می‌دهند که حداکثر دامنه شتاب ممکن برای اندازه‌گیری را انتخاب کنند، این تنظیمات گستره واقعی اندازه‌گیری تجهیزات را تعریف می‌کنند. درجایی‌که کاربر گستره ورودی تجهیزات را انتخاب می‌کند، گستره مناسب اندازه‌گیری با انجام اندازه‌گیری‌های آزمایشی، تعیین می‌شود. برای به دست آوردن بهترین عملکرد سیگنال به نویز، پایین‌ترین گستره اندازه‌گیری ممکن بدون اضافه‌بار بهتر است انتخاب شود.

۶-۱-۱۱ زمان‌های میانگین‌گیری

توصیه می‌شود دامنه ارتعاش در دوره‌های عادی کار با ابزار موتوری یا دوره‌های تماس با قطعه‌کار نگه‌داشته شده با دست، میانگین‌گیری شود. بهتر است میانگین r.m.s، با استفاده از میانگین‌گیری خطی، بر روی یک یا چند عملیات یا سیکل کامل کاری انجام شود.

توصیه می‌شود میانگین‌گیری نمایی فقط درجایی استفاده شودکه تجهیزات مرتعش اجازه میانگین‌گیری خطی را ندهند و سیگنال ارتعاش به حد کافی پایدار باشد تا ارزیابی قابل اطمینان از مقدار میانگین ارتعاش امکان پذیر باشد.

۶-۲ منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری ارتعاش

۶-۲-۱ مشکلات کابل اتصال

رایج‌ترین مشکل در اندازه‌گیری ارتعاش منتقل شده به دست کسب اطمینان از حفظ اتصال قابل اعتماد بین شتاب‌سنج و کابل انتقال سیگنال می‌باشد. به‌طورکلی، بهتر است توجه داشت و اطمینان حاصل کرد که اتصالات کابلی ایمن بوده و کابل‌ها به هیچ عنوان معیوب نشده باشند. به‌ویژه در مورد اتصالات شتاب‌سنج، بهتر است توجه

1- Noise

کافی بکار رود و اطمینان حاصل شود که در هنگام کار،کابل و اتصالات ابزار موتوری یا قطعه کار نگه‌داشته‌شده با دست، تحت تنش نباشد.

نشانه ساده معیوب بودن اتصالات سیگنال، از دست رفتن سیگنال است، در صورت معیوب بودن آن هیچ ارتعاشی ظاهر نمی‌شود. از دست رفتن متناوب ارتباط سیگنال می‌تواند نشان‌دهنده DC-offsets بین نمایش عادی سیگنال باشد.

معیوب بودن کابل اتصال صفحه نمایش می‌تواند باعث ایجاد پیک‌آپ الکتریکی شده و سطح بالایی از فرکانس‌های منبع تغذیه الکتریکی اصلی را تولید کند. برای ابزارهای الکتریکی، درجایی‌که فرکانس غالب ارتعاش، به‌طور معمول برابر فرکانس الکتریکی اصلی برابر بوده یا هارمونیکی از آن باشد، به سختی می‌توان این نوع عیب را شناخت. برای شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک، که از تقویت کننده‌های شرطی با امپدانس ورودی بالا استفاده می-کنند، از دست رفتن اتصال زمین کابل می‌تواند باعث ایجاد حداکثر پیک‌آپ در فرکانس‌های منبع تغذیه الکتریکی اصلی شود.

۶-۲-۲ تداخلات الکترومغناطیسی

جلوگیری از تاثیرات میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی یا الکترومغناطیسی بر اندازه‌گیری ارتعاشات مهم است. اثر میدان‌های الکترومغناطیسی اجتناب‌ناپذیر، در مواردی که تداخل سیگنال‌های کوپل شده خازنی و سلفی وجود دارد، با روش‌های زیر کاهش می‌یابد:

- کابل‌های شیلددار[1]؛
- استفاده از کابل‌های تابیده شده؛
- کابل‌های شیلددار یک طرف ارت شده که معمولاً در سمت تقویت کننده می‌باشند؛
- فراهم‌کردن یک اتصال بالانس شده با اتصال اصلی ترانسدیوسر (به عنوان مثال با استفاده از یک تقویت‌کننده دیفرانسیلی)؛
- اجتناب از عبور کابل‌های انتقال دهنده سیگنال از نزدیک و به موازات کابل‌های جریان بالا (کابل‌های تغذیه اصلی)،
- قرار دادن عایق الکتریکی بین شتاب سنج و سطح مرتعش.

۶-۲-۳ اثر الکتریسیته ساکن

توصیه‌می‌شود کابل‌های تجهیزات، با تنش ارتعاشی با دامنه بالا مواجه نباشند، به‌خصوص در سیستم‌هایی که مقاومت داخلی زیادی دارند (مانند شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک)، چرا که در اثر سایش و تغییر شکل، سیگنال‌های الکتریکی ایجاد خواهدشد. به همین دلیل توصیه می‌شود کابل‌های سیگنال به شکل مطمئنی بر روی سطح

1-Screening cables

ارتعاشی، نزدیک شتاب‌سنج‌ها قرارگیرد (برای مثال با استفاده از نوارچسب). برای ابزارهای دستی پنوماتیکی، چسباندن کابل‌ها در فواصل منظم در طول خط تامین هوا، معمولا موثر است.

۶-۲-۴ شیفت DC[1]

مواجهه ترانسدیوسرهای پیزوالکتریک با شتاب‌های بسیار زیاد در فرکانس‌های بالا، به عنوان مثال در ابزارهای کوبه‌ای بدون میرایی، می‌تواند باعث تولید شیفت DC شود، که سیگنال ارتعاش را به‌هم می‌ریزد. مانند جایی‌که در سیگنال ارتعاش، اجزای فرکانس-پایین اضافی مشاهده می‌شود. به‌هم ریختگی[2] شیفت DC که در ترانسدیوسر رخ می‌دهد، ناشی از تحریک گذرا می‌باشد که از حدود مجاز ترانسدیوسر بسیار بزرگ است و به‌طور مکانیکی موجب ایجاد شرایط اضافه بار[3] پیزوالکتریک می‌شود. فیلتر مکانیکی می‌تواند وسیله‌ای برای اجتناب از شیفت DC باشد، به پیوست **پ** مراجعه شود.

پدید آمدن شیفت DC ابتدا در ناحیه فرکانس‌های کمتر از فرکانس کوبه‌ای[4] قابل تشخیص است؛ به همین دلیل شیفت DC معمولا می‌تواند با تحلیل فرکانس سیگنال ارتعاش آشکار شود. این نوع انحراف می‌تواند در طیف فرکانس به صورت مقادیر بالای غیر واقعی ارتعاشات فرکانس پایین آشکار گردد. تبدیل شتاب r.m.s وزن نیافته، a، به جابه‌جایی، d، با استفاده از $d = a/(40f^2)$ ، (جایی‌که در آن f فرکانس میانی باند فرکانس باشد) غالباً شاخصی را برای وقوع شیفت DC فراهم می‌کند. اگر جابه‌جایی محاسبه شده از طیف شتاب به وضوح بزرگ‌تر از حرکت مشاهده شده ترانسدیوسر باشد (به عنوان مثال، بزرگ‌تر از دو برابر حرکت مشاهده شده)، وقوع شیفت DC محتمل است.

اگر شیفت DC رخ داده باشد، هرچند، انحراف شیفت DC در تمامی طیف ارتعاش تاثیرگذار است، با آزمون اجزای فرکانس پایین سیگنال ارتعاش قابل آشکار شدن است. به همین دلیل توصیه می‌شود هر اندازه‌گیری که نشانه-هایی از شیفت DC را نشان می‌دهد نادیده گرفته شود؛ توصیه می شود مقادیر فرکانس ارتعاش وزن یافته از طیف حاوی شیفت DC، با حذف یا اصلاح باندهای طیف فرکانس پایین تعیین نشود.

۶-۳ بررسی و تصدیق زنجیره اندازه‌گیری

۶-۳-۱ بررسی‌های منظم عملکرد

قبل و بعد از اندازه‌گیری، با استفاده از کالیبراتور ارتعاش(منبع ارتعاش مرجع) که شتاب سینوسی شناخته شده-ای در فرکانس شناخته شده تولید می‌کند، کل زنجیره اندازه‌گیری باید بررسی شود.

یادآوری- درعمل، حساسیت شتاب‌سنج‌ها به ندرت در طول اندازه‌گیری تغییر می‌کند، هرچند، می‌تواند دچار خطای مکانیکی شود. در نتیجه توصیه می‌شود به تغییرات ظاهر شده در حساسیت توجه شده و اندازه‌گیری‌ها، در صورت لزوم نادیده گرفته شوند.

---

1 - DC-shift
2 - Distortion
3 -Overload
4- Percussive frequency

۶-۳-۲ روند عادی تصدیق سیستم اندازه‌گیری

توصیه می‌شود خصوصیات سیستم اندازه‌گیری به طور منظم (به عنوان مثال هر ۲ سال یک بار) تصدیق شود. بهتر است این بررسی‌ها، اطمینان ایجاد کند که عملکرد تجهیزات در حدود رواداری تعریف شده در استاندارد ملی ۱۴۵۷۱ قرار دارد (به استاندارد DIN 45671-3 مراجعه شود).

علاوه بر تصدیق‌های منظم، توصیه می‌شود سیستم اندازه‌گیری بعد از گذاشتن و برداشتن هر قسمت مهم از سیستم اندازه‌گیری، دوباره تصدیق شود. نتایج این بررسی‌های تاییدیه، باید ثبت شود.

۷ عدم قطعیت ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش

۷-۱ عدم قطعیت اندازه‌گیری شتاب

هنگام اندازه‌گیری ارتعاش منتقل شده به دست کارگران، فاکتورهای مرتبط با اندازه‌گیری‌های منفرد، بر عدم قطعیت تاثیرگذار خواهد بود، مانند:

- درستی تجهیزات؛
- کالیبراسیون؛
- تداخل الکتریکی؛
- مونتاژ شتاب‌سنج‌ها؛
- جرم شتاب‌سنج‌ها؛
- محل شتاب‌سنج‌ها؛
- تغییر عملکرد عادی ابزار موتوری و تغییر وضعیت دست و نیروهای اعمال شده به دلیل فرآیند اندازه-گیری (به عنوان مثال، مونتاژ شتاب‌سنج‌ها و کابل‌های مرتبط)؛
- تغییرات در روش کار اپراتور، به عنوان عامل موثر در اندازه‌گیری.

علاوه براین، عدم قطعیت کلی ارزیابی مواجهه با ارتعاش تحت تاثیر تغییراتی که در هر روز کاری رخ می‌دهد نیز قرار دارد، مانند:

- تغییر در شرایط ابزار موتوری و ابزارهای الحاقی (به عنوان مثال، تغییر چرخ دستگاه سنگ سمباده ممکن است ارتعاش منتقل شده به اپراتور را به طرز چشمگیری تغییر دهد)؛
- تغییر در نحوه استقرار و نیروهای اعمال شده؛
- تغییر خصوصیات موادی که باید فرآوری شوند.

یادآوری۱- عدم قطعیت به تجهیزات و کالیبراسیون آن‌ها بستگی دارد، عدم قطعیت ناشی از تداخل الکتریکی، مونتاژ و جرم شتاب‌سنج‌ها در مقایسه با عدم قطعیت ناشی از انتخاب محل اندازه‌گیری و تغییر نحوه کار اپراتور، معمولا کوچک خواهد بود.

یادآوری۲- هنگامی‌که بررسی سابقه مواجهه افراد مدنظر است، مطلوب است درصورت امکان، با توجه به ابزارهای الحاقی مختلف و حالت‌های مختلف تعمیر و نگهداری، ارتعاش ماشین آلات اندازه‌گیری شود.

یادآوری۳- هنگامی که هدف از اندازه‌گیری، ارزیابی مواجهه با ارتعاش در ارتباط با یک کارکرد خاص باشد، تفاوت بین اپراتورها (تفاوت در مهارت، قد و قامت و غیره) می‌تواند منبع عدم قطعیت باشد (به بند ۷-۳ مراجعه شود).

۷-۲ عدم قطعیت اندازه‌گیری زمان مواجهه

عدم قطعیت در تخمین زمان مواجهه، تحت تاثیر عدم قطعیت پارامترهای زیر خواهد بود:

- اندازه‌گیری دوره مواجهه؛
- تخمین تعداد چرخه کاری در هر روز؛
- تخمین زمان مواجهه که توسط اپراتور عنوان می‌شود (به پیوست ب مراجعه شود)، ممکن است به علت سوء تعبیر (اشتباه شدن مفهوم زمان استفاده از ابزار موتوری و زمان واقعی مواجهه با ارتعاش)، همچنین تخمین نادرست دوره‌های وقوع مواجهه با ارتعاش (به بند ۵-۵ مراجعه شود).

۷-۳ بررسی عدم قطعیت

منابع عدم قطعیت به فرآیند اندازه‌گیری بستگی دارد. توصیه می‌شود فرد آزمایش‌کننده، منابع اصلی را تعیین کند (به عنوان مثال چرخ لنگ در دستگاه سنگ‌زن) و بهتر است چند اندازه‌گیری به منظور تعیین عدم قطعیت و محاسبه انحراف معیار با توجه به منابع غالب عدم قطعیت انجام‌شود (به عنوان مثال ممکن است اندازه‌گیری دستگاه سنگ‌زن با لنگی‌های[1] متفاوت مفید باشد).

اگر هدف از اندازه‌گیری ارزیابی مواجهه با ارتعاش برای یک کارگر خاص نباشد، بلکه ارزیابی مواجهه با ارتعاش طی یک کارکرد معین باشد، توصیه می‌شود ارزیابی مواجهه با ارتعاش در صورت امکان، براساس اندازه‌گیری با استفاده از حداقل سه کارگر متفاوت انجام شود. نتایج گزارش شده باید میانگین حسابی اندازه‌گیری‌ها باشد. بهتر است انحراف معیار نیز ثبت شود.

۸ محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

در بسیاری از موارد مواجهه روزانه کارگر با ارتعاش از چند عملیات ناشی می‌شود. برای هر عملیات **i**، مقدار کل ارتعاش، a_{hvi}، و زمان مواجهه با این منبع، T_{i}، باید اندازه‌گیری شود. مواجهه روزانه با ارتعاش *A(8)*، برحسب $\mathrm{m/s^2}$ باید از رابطه زیر به‌دست آید:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0}\sum_{i=1}^{n} a_{hvi}^2 T_i} \qquad (۱)$$

1 - Wheels of different unbalance

که در آن:

T_0 دوره مرجع ۸ ساعته (۲۸۸۰۰ ثانیه) می‌باشد؛

n تعداد عملیات می‌باشد.

به منظور تسهیل مقایسه بین عملیات‌های متفاوت و ارزیابی سهم اختصاصی هر عملیات در مواجهه روزانه با ارتعاش *A(8)*، محاسبه مواجهه جزئی با ارتعاش برای عملیات اختصاصی، $A_i(8)$ ، محاسبه شده:

$$A_i(8) = a_{hvi}\sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \qquad (۲)$$

و سپس مواجهه روزانه با ارتعاش از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i^2(8)} \qquad (۳)$$

توصیه می‌شود *A(8)* برای هر دو دست اپراتور به‌طور جداگانه ارزیابی شود.

عدم قطعیت مرتبط با ارزیابی *A(8)* غالباً بالاست (یعنی ٪۲۰ تا ٪۴۰). در نتیجه، توصیه می‌شود مقادیر *A(8)* به‌طور معمول با بیش از دو رقم معنادار ارائه نشود.

کاربردهای عملی محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش در پیوست ث ارائه شده است.

۹ اطلاعاتی که باید گزارش شود

گزارش ارزیابی باید به این استاندارد ارجاع داده شده و بسته به وضعیت مورد مطالعه، اطلاعات زیر را در بر گیرد:

الف- اطلاعات کلی

- شرکت/ مشتری؛
- هدف از اندازه گیری (به عنوان مثال ارزیابی مواجهه با ارتعاش کارگران به صورت فردی یا گروهی، ارزیابی اقدامات کنترل کننده، مطالعه اپیدمیولوژیک)؛
- تاریخ ارزیابی؛
- ارزیابی مواجهه اختصاصی فرد یا افراد؛
- فردی که اندازه‌گیری‌ها را انجام داده و ارزیابی می‌کند.

ب- شرایط محیطی در محل کار

- محل اندازه‌گیری (به عنوان مثال در محیط داخلی، محیط خارجی، محوطه کارخانه)؛
- درجه حرارت؛
- رطوبت؛
- سر و صدا.

پ- اطلاعات مورد استفاده برای انتخاب عملیات اندازه‌گیری (به بند ۵-۲ مراجعه شود).

ت- الگوهای کار روزانه برای هر عمل مورد ارزیابی

- شرح عملیات اندازه‌گیری؛
- ماشین آلات و ابزار الحاقی استفاده شده؛
- مواد و یا قطعه کار استفاده شده؛
- الگوهای مواجهه (به عنوان مثال ساعات کار، دوره‌های استراحت)؛
- اطلاعات لازم برای تعیین دفعات مواجهه در روز (به عنوان مثال سرعت کار روزانه و یا تعداد چرخه‌های کار یا قطعات مورد استفاده در روز، مدت زمان مواجهه با هر چرخه یا نگه‌داشتن قطعه کار).

ث- اطلاعات منابع ارتعاش

- توضیحات فنی ابزار موتوری یا ماشین آلات؛
- شماره نوع یا مدل؛
- سن و شرایط نگهداری از ابزار موتوری یا ماشین آلات؛
- وزن ابزار موتوری نگه‌داشته شده با دست و یا قطعه کار نگه داشته شده با دست؛
- تمهیدات کنترل ارتعاش بر روی ماشین‌آلات یا ابزار موتوری، در صورت کاربرد؛
- نحوه گرفتن با دست هنگام استفاده؛
- سیستم‌های کنترل اتوماتیک ماشین‌آلات (به عنوان مثال کنترل گشتاور در مهره سفت‌کن‌ها)؛
- قدرت ماشین آلات؛
- فرکانس چرخشی یا سرعت کوبش؛
- مدل و نوع ابزار الحاقی؛
- هر گونه اطلاعات تکمیلی (به عنوان مثال عدم تعادل یا لنگی ابزارهای الحاقی).

ج- تجهیزات

- جزئیات تجهیزات؛
- قابلیت ردیابی کالیبراسیون؛
- تاریخ آخرین آزمون اعتباردهی؛
- نتایج حاصل از بررسی عملکرد؛
- نتایج حاصل از آزمون‌های مرتبط با تداخل سایر ابزار و شرایط.

چ- شرایط اندازه‌گیری شتاب

- جهت و موقعیت شتاب‌سنج‌ها (از جمله طرح و ابعاد)؛
- روش‌های نصب ترانسدیوسرها؛

- مونتاژ و جرم ترانسدیوسرها؛
- شرایط عملیات؛
- موقعیت دست و وضعیت بازو (از جمله اینکه آیا اپراتور چپ دست یا راست دست است)؛
- هر گونه اطلاعات تکمیلی (به عنوان مثال اطلاعات در مورد نیروهای چنگش و پیش‌بری).

ح- نتایج اندازه‌گیری

- مقادیر فرکانس وزن یافته ارتعاش منتقل شده به دست در راستای محور X ، Y و Z (a_{hwix}، a_{hwiy} و a_{hwiz})، در صورت امکان برای هر عملیات؛
- مدت زمان اندازه‌گیری؛
- اگر تجزیه و تحلیل فرکانس موجود است، طیف فرکانس وزن نیافته؛
- اگر اندازه‌گیری‌های تک محوره یا دو محوره مورد استفاده قرار گیرد، تخمین ضریب اصلاح برای محاسبه مقدار کل ارتعاش (شامل توجیه اندازه‌گیری‌های تک محوره یا دو محوره و ضریب استفاده شده)؛

خ- نتایج مواجهه روزانه با ارتعاش

- مقدار کل ارتعاش، a_{hvi}، برای هر عملیات؛
- مدت زمان مواجهه با ارتعاش برای هر عملیات، T_i؛
- مواجهه جزئی با ارتعاش برای هر عملیات، $A_i(8)$، در صورت وجود؛
- مواجهه روزانه با ارتعاش، $A(8)$؛
- ارزیابی عدم قطعیت نتایج مواجهه روزانه با ارتعاش.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال‌هایی از موقعیت اندازه‌گیری

الف-۱ مقدمه

اندازه‌گیری بر روی سطح دست(ها) در جایی‌که ارتعاش به بدن وارد می‌شود، در مرکز محل چنگش مانند آنچه در بند ۶-۱-۳ توصیف شده است، همیشه عملی نیست؛ برای مثال، بر روی ابزار موتوری با دستگیره کمانی باز یا بسته یا دستگیره تپانچه‌ای، موقعیت کلید، اندازه‌گیری در وسط دستگیره را می‌تواند غیرممکن سازد. در عمل، موقعیت اندازه‌گیری معمولاً یک طرف دست می‌باشد. موقعیت کنترل توان و گارد دست ممکن است تحت تاثیر چسباندن شتاب‌سنج‌ها قرارگیرد. شکل الف-۱ مثال‌هایی از اندازه‌گیری موقعیت برای برخی از ابزارهای موتوری معمولی را نشان می‌دهد.

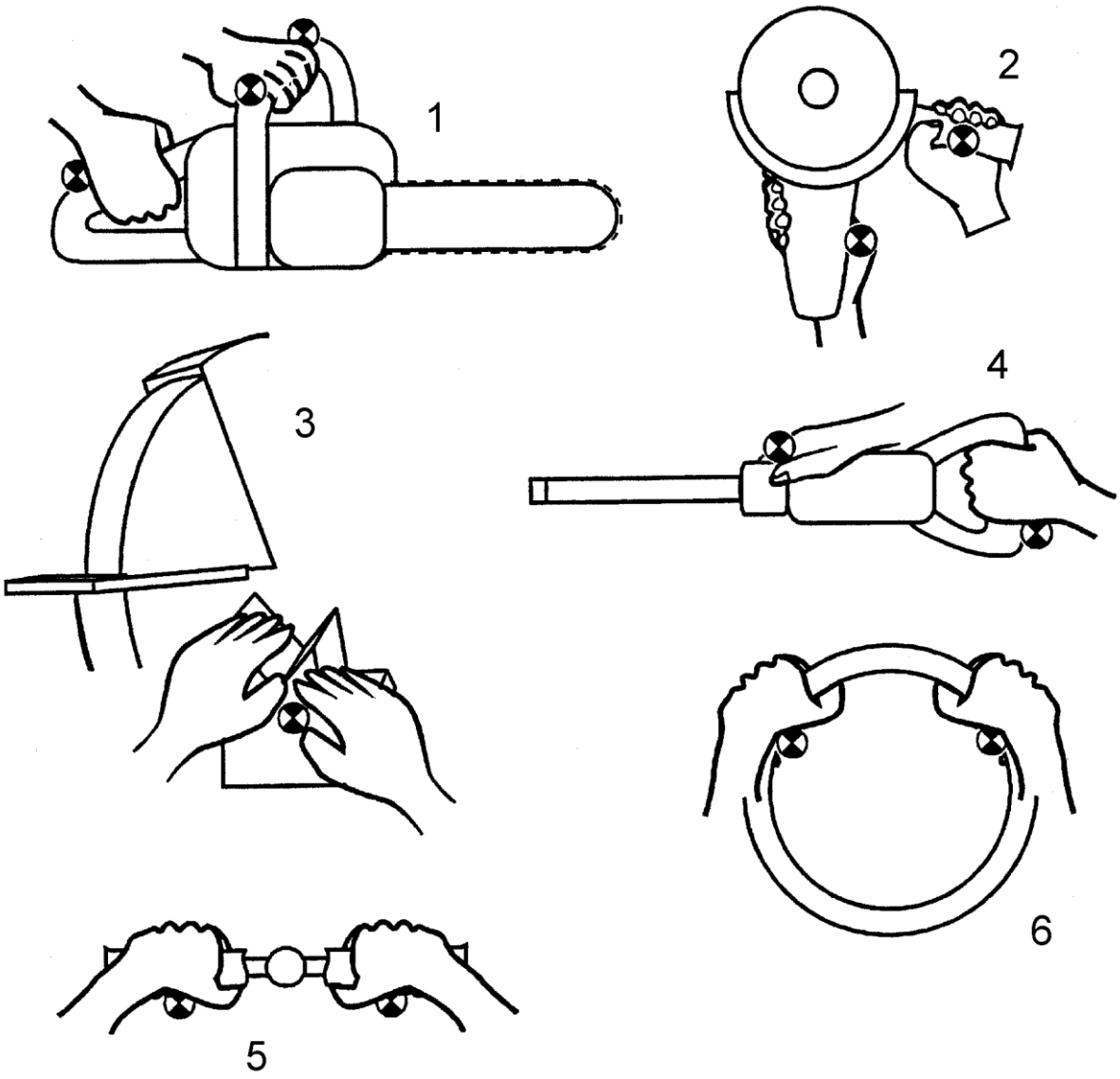
الف-۲ موقعیت‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری طبق استانداردهای آزمون نوعی ارتعاش

جدول الف-۱ فهرستی از موقعیت‌های اندازه‌گیری مشخص شده در استانداردهای ISO 8662-2 تا ISO 8662-14[1] ، ISO 7505 و ISO 7916 را ارائه داده است که براساس روش‌های آزمایشگاهی برای اندازه-گیری ارتعاش در دستگیره‌های ابزارهای موتوری دستی مختلف، برای تعیین مقادیر ارتعاش ساطع شده، می‌باشد. موقعیت‌های نشان داده شده در جدول الف-۱ راه‌حل‌های خوبی است، اما ممکن است برای اندازه‌گیری مواجهه مناسب نباشد. هدف اندازه‌گیری مواجهه با این نوع آزمون‌ها بسیار متفاوت است. برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش، موقعیت شتاب‌سنج‌ها براساس جایی‌که واقعاً دست، ابزار موتوری را نگه‌می‌دارد، بر جایی‌که ابزار موتوری در طول آزمون نوعی نگه‌داشته می‌شود، ارجحیت دارد. الزامات اساسی استانداردهای آزمون نوعی ارتعاش، اندازه‌گیری-هایی هستند که در نقاط چنگش اصلی، جایی‌که اپراتور به‌طور معمول ابزارهای موتوری را نگه‌می‌دارد و نیروی پیش‌بری را اعمال می‌کند، انجام می‌شود. به طور کلی در استانداردهای آزمون نوعی فقط یک موقعیت و محور برای اندازه‌گیری تعریف می‌شود.

مثال‌های فهرست شده در جدول الف-۱ بر روی ابزارهایی که دستگیره یا نقاط چنگش صلب دارند اعمال می-شود (به بند ۶-۱-۴ برای مونتاژ بر روی دستگیره‌های الاستیکی مراجعه شود).

---

۱ - در صورت وجود از استانداردهای ملی سری ۱۰۴۰۸ نیز می‌توان استفاده کرد.

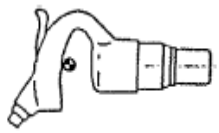
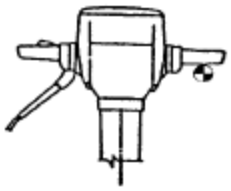
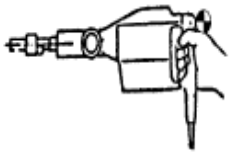
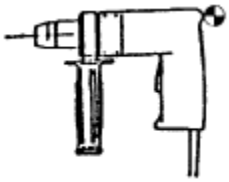
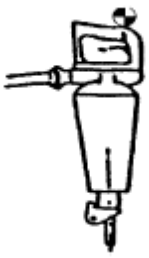
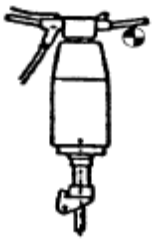
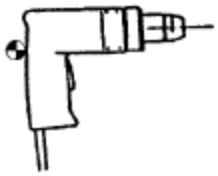


راهنما

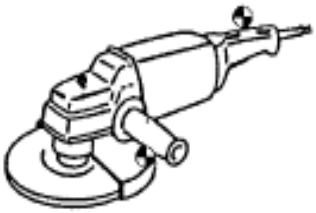
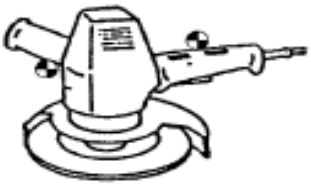
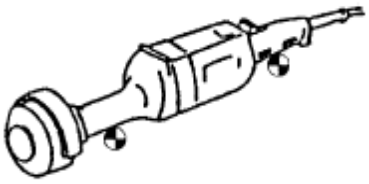
۱ اره زنجیری
۲ سمباده زاویه‌دار
۳ سمباده زن پدالی
۴ چکش بادی آهن بر
۵ ماشین هدایت شونده دستی
۶ غربیلک فرمان
موقعیت اندازه‌گیری

شکل الف-۱ - مثال‌هایی از موقعیت‌های اندازه‌گیری عملی برای برخی از انواع ابزار موتوری معمول

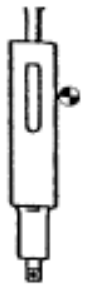
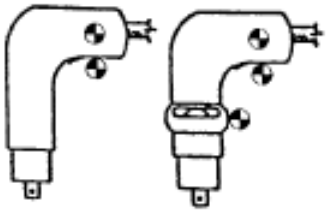
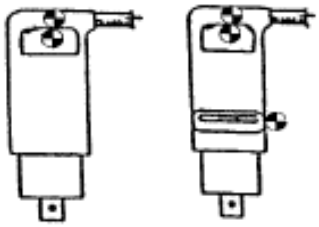
جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ			جزئیات الزامات آزمون نوعی
۸۶۶۲-۲	چکش‌های بادی آهن بر چکش‌های بادی پرچ	چنگش کمانی باز یا بسته 	چنگش تپانچه‌ای 	ابزار موتوری مستقیم 	موقعیت عادی ترانسدیوسر باید وسط طول دستگیره اصلی، جایی‌که نیروی پیش‌بری اعمال می‌شود، باشد. در ابزارهای موتوری با چنگش کمانی باز یا بسته یا تپانچه‌ای، موقعیت ماشه این کار را غیرممکن می‌سازد. در این موارد ترانسدیوسر باید تا حد امکان نزدیک به دست، بین انگشت شست و اشاره، یا تا حد امکان نزدیک به موقعیت میانی قرار گیرد. برای ابزارهای موتوری با دو دستگیره متقارن، ترانسدیوسر باید به دستگیره‌ای که ماشه ندارد، مونتاژ شود. در مواردی که ابزار موتوری فاقد سیستم‌های میرایی می‌باشد کافی است اندازه‌گیری در جهت موازی با جهت ضربه یا محور مته دریل انجام شود.
۸۶۶۲-۱۱	ابزارهای سنگ‌بری اسکالرهای سوزنی				
۸۶۶۲-۳	مته‌های سنگ‌شکن چکش‌های دورانی	مته سنگ‌شکن 	چکش دورانی سنگین 	چکش دورانی سبک 	
۸۶۶۲-۵	سنگ‌فرش شکن چکش بادی	چکش‌های بادی 	سنگ فرش شکن 	دریل ضربه‌ای 	
۸۶۶۲-۶	دریل ضربه‌ای				
۸۶۶۲-۹		شمع‌کوب 			

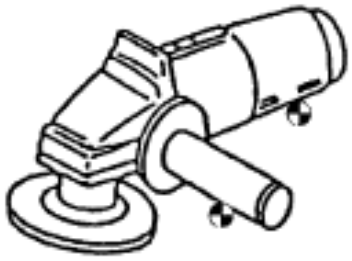
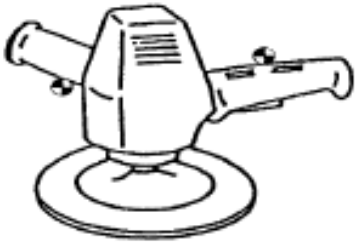
ادامه جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ		جزئیات الزامات آزمون نوعی
۸۶۶۲-۴	سمباده‌ها	سمباده‌های زاویه‌دار کوچک	سمباده‌های زاویه‌دار بزرگ 	اندازه‌گیری‌ها باید بر روی هر دو دستگیره، با استفاده از دو ترانسدیوسر بر روی هر دستگیره انجام شود. موقعیت‌های ترانسدیوسرها باید ترجیحاً زیر دستگیره‌ها بوده و به شکل متقارن نسبت به موقعیت دستگیره، درجایی‌که اپراتور به طور معمول دستش را قرار می-دهد (۶۰ میلی‌متر از انتهای دستگیره) نصب شود. ترانسدیوسرها باید عمود بر سطح دستگیره نصب شوند.
		سمباده‌های عمودی 	سمباده‌های مستقیم 	

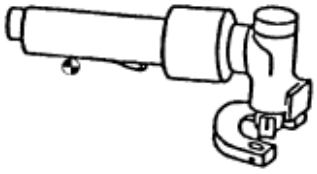
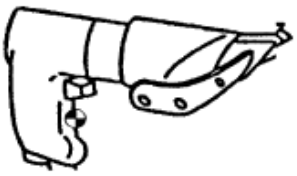
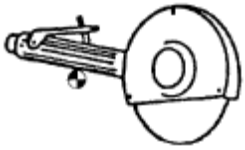
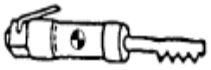
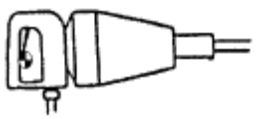
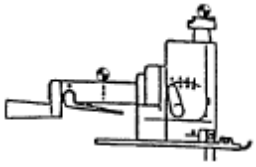
ادامه جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ		جزئیات الزامات آزمون نوعی
۸۶۶۲-۷	آچارها آچارهای پیچ گوشتی آچارهای مهره سفت‌کن	ابزار موتوری مستقیم 	ابزار موتوری زاویه‌دار 	اندازه‌گیری‌ها باید در موقعیت مشخص شده بر روی دستگیره(ها) که در شکل نشان داده شده است درجایی‌که اپراتور به‌طور معمول ابزار موتوری را نگه می‌دارد، انجام شود. موقعیت معمولی ترانسدیوسر باید در وسط طول دستگیره باشد. اگر قرارداشتن ماشه این کار را غیرممکن سازد، ترانسدیوسر باید تا حد امکان نزدیک این موقعیت قرارداشته باشد. برای ابزارهای موتوری کنترل دستی مستقیم، ترانسدیوسر برای اندازه‌گیری شتاب باید بر روی سطح ابزار موتوری در جهت مماس نسبت به محور موتور قرارگیرد. ترانسدیوسر باید تا حد امکان نزدیک به سطح ابزار موتوری قرارگیرد.
		دستگیره‌های تپانچه‌ای 	دستگیره‌های کمانی 	

ادامه جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

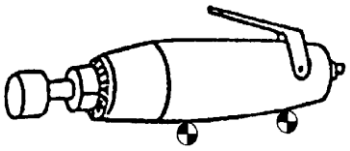
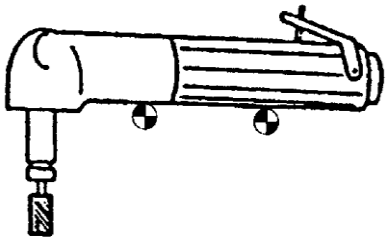
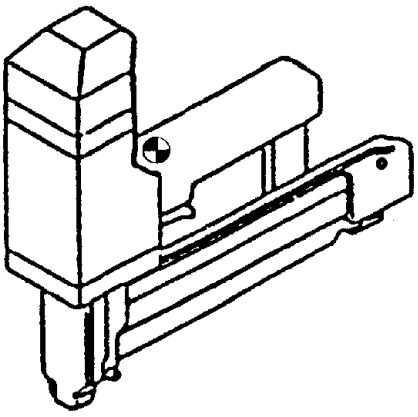
استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ		جزئیات الزامات آزمون نوعی
۸۶۶۲-۸	پولیش‌ها ساینده‌ها	ساینده نامنظم 	ساینده منظم 	در جایی‌که اپراتور به طور معمول ابزار موتوری را نگه می‌دارد و نیروی پیش‌بری را اعمال می‌کند، اندازه‌گیری‌ها باید بر روی بدنه و دستگیره (در صورت وجود) انجام شود. با این‌حال، اگر ماشین طوری طراحی شده باشد که با دستگیره‌ای بر روی بدنه نگه-داشته شود، و این دستگیره به دستگیره دستگاه ارجحیت داشته باشد، اندازه‌گیری‌ها باید بر روی دستگیره بدنه انجام شود. برای ساینده‌ها و پولیش زننده‌ها با دو دستگیره، اندازه‌گیری باید بر روی هر دو دستگیره انجام شود. هرچند، در مورد ساینده‌ها و پولیش زننده‌های زاویه‌دار چرخشی کوچک که بدنه موتور به منظور گرفتن طراحی شده است، با بدنه باید مانند دستگیره رفتار کرد. ترانسدیوسر(های) قرار گرفته بر روی دستگیره‌ها باید در وسط طول قرارداشته و ترجیحاً در زیر دستگیره باشند.
		پولیش/ ساینده زاویه‌دار 	پولیش/ ساینده عمودی 	

ادامه جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ	جزئیات الزامات آزمون نوعی
۸۶۶۲-۱۰	ورق‌بر ها قیچی‌ها	ورق‌برها قیچی برای برش‌های دایره‌ای  قیچی 	اندازه‌گیری‌ها باید بر روی دستگیره اصلی جایی‌که اپراتور به طور معمول ابزار موتوری را نگه-می‌دارد و نیروی پیش‌بری را اعمال می‌کند، انجام شود. موقعیت معمول ترانسدیوسر باید زیر دستگیره و در وسط طول آن باشد. اگر جای ماشه این کار را غیر ممکن سازد، ترانسدیوسر باید تا حد امکان نزدیک به دست بین انگشت شست و اشاره قرار گیرد.
۸۶۶۲-۱۲	اره‌ها سوهان‌ها[1]	اره نوسانی اره دایره‌ای  سوهان رفت و برگشتی اره رفت و برگشتی  اره رفت و برگشتی با دستگیره کمانی  اره رفت و برگشتی(اره جیگ) 	اندازه‌گیری‌ها باید بر روی دستگیره اصلی جایی‌که اپراتور به طور معمول ابزار موتوری را نگه-می‌دارد و نیروی پیش‌بری را اعمال می‌کند، انجام شود. موقعیت معمول ترانسدیوسر باید زیر دستگیره و در وسط طول آن باشد. اگر جای ماشه این کار را غیر ممکن سازد، ترانسدیوسر باید تا حد امکان نزدیک به دست بین انگشت شست و اشاره قرار گیرد.

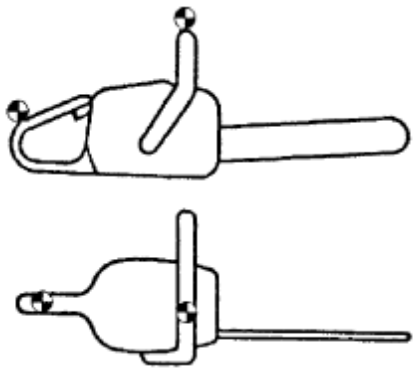
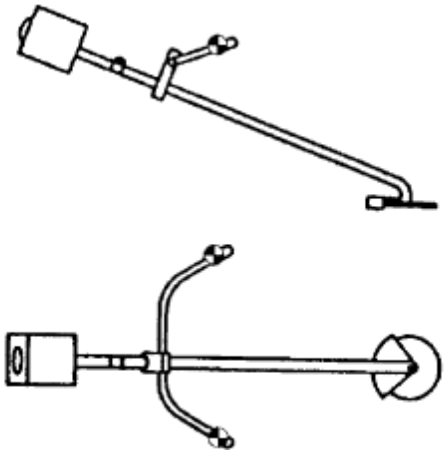
1 - Files

ادامه جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ		جزئیات الزامات آزمون نوعی
۸۶۶۲-۱۳	سمباده‌های استوانه‌ای[1]	سمباده استوانه‌ای مستقیم 	سمباده استوانه‌ای زاویه‌دار 	اندازه‌گیری‌ها باید بر روی بدنه اصلی با دو ترانسدیوسر و به فاصله ۱۰۰ میلی‌متر از هم انجام شود.
۸۶۶۲-۱۱	میخ‌زن‌ها منگنه‌ها سنجاق‌زن‌ها			اندازه‌گیری باید بر روی دستگیره در جایی‌که اپراتور به طور معمول ابزار محرک بست را نگه‌می‌دارد و در نقطه‌ای که ابزار موتوری فرمان می‌گیرد، انجام شود. موقعیت ترانسدیوسر باید قبل از ناحیه چنگش دست به سمت جهت حرکت باشد تا از گیر کردن آن به هنگام گرفتن دستگیره و انجام کار جلوگیری شود.

1 - Die grinders

ادامه جدول الف-۱- موقعیت شتاب‌سنج بر روی ابزار موتوری، استفاده از استانداردهای بین المللی برای آزمونهای نوعی ارتعاش

استاندارد ISO	نوع ابزار موتوری	موقعیت مونتاژ	جزئیات الزامات آزمون نوعی
۷۵۰۵	اره‌های زنجیری		شتاب‌سنج‌ها باید بدون این‌که در مقابل چنگش عادی مانع ایجاد کند به نزدیک‌ترین نقطه به دستگیرهای اپراتور وصل شود. مرکز ثقل شتاب‌سنج‌ها نباید بیش از ۲۰ میلی‌متر با نزدیک‌ترین دست فاصله داشته‌باشد.
۷۹۱۶	اره‌های برسی		

پیوست ب

(اطلاعاتی)

ارزیابی مواجهه با ارتعاش برای دوره‌های بیش از یک روز

ب-۱ مقدمه

استاندارد ملی ۱-۱۹۱۷۷ سیستمی را برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش فقط در یک روز کاری فراهم می‌کند. سیستم محاسباتی مواجهه با ارتعاش روزانه تعریف شده در استاندارد فوق، با هدف استفاده در دوره‌های بیش از یک روز تدوین نشده است و راهنمائی‌های ارائه شده در پیوست پ استاندارد مذکور براساس موقعیت‌هایی است که مواجهه با ارتعاش متنوع نیست.

برای بعضی موقعیت‌های کاری، ممکن است به دست آوردن ارزیابی از مواجهه براساس اطلاعات مواجهه به دست آمده از دوره‌های بیش از یک روز مطلوب باشد. در این نوع کارها مقدار زمان صرف شده برای استفاده از ابزارهای موتوری، تغییر مهمی از یک روز تا روز دیگر دارد (به عنوان مثال صنایعی مانند ساخت و ساز یا ساخت و تعمیر کشتی)؛ بنابراین استفاده از مشاهده یا ثبت کار در یک روز کاری برای به دست آوردن شاخصی از زمان‌های مواجهه روزانه، مشکل یا غیرممکن است. در سایر موقعیت‌ها، مقادیری که بیانگر کل مواجهه با ارتعاش در دوره-های طولانی باشند (به عنوان مثال طول عمر مواجهه) می‌تواند مفید باشد.

این پیوست برای روش‌هایی که برای ارزیابی مواجهه بر روی دوره‌های بیش از یک روز استفاده می‌شود، مثال-هایی ارائه نموده است. درجایی‌که مواجهه با ارتعاش برای دوره‌های بیش از یک روز ارزیابی می‌شود، نتایج نباید برای تعیین خطرات سلامتی مورد استفاده قرارگیرد. درجایی‌که چنین ارزیابی‌هایی انجام می‌شود، توصیه می‌شود ارزیابی واقعی مواجهه با ارتعاش روزانه نیز انجام و گزارش شود.

ب-۲ تخمین مواجهه روزانه با ارتعاش، زمانی‌که مواجهه از یک روز تا روز دیگر متفاوت است

در این موارد، جایی‌که کارگران روزانه با ارتعاش مواجه هستند اما مواجهه با ارتعاش از یک روز تا روز بعد تغییر می‌کند (به عنوان مثال پروژه‌های ساختمان‌سازی که یک کار ممکن است بیش از یک روز طول بکشد)، مقایسه نوعی مواجهه با ارتعاش، ممکن است مفید باشد، به عنوان مثال زمانی‌که صفحات کنترل ارتعاش تعبیه می‌شوند. در این مورد مواجهه نوعی با ارتعاش، $A_{typical}(8)$، از رابطه زیر تخمین زده می‌شود:

$$A_{typical}(8) = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{d=1}^{N} A_d^2(8)}$$

که در آن:

$A_d(8)$ مواجهه روزانه با ارتعاش در روز d می‌باشد،

N تعداد روزهای کاری است که برای تخمین در آن باید تصمیم گرفته شود.

اگر دامنه ارتعاش در هر روز کاری یکسان باشد (به عنوان مثال از یک ابزار موتوری در هر روز استفاده شود) اما زمان استفاده از ابزار موتوری از یک روز به روز دیگر تغییر کند، این معادله حاصل می‌شود:

$$A_{typical}(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{\overline{t_d}}{T_0}}$$

که در آن:

a_{hv} مقدار کل ارتعاش برای عملیات می‌باشد؛

T_0 دوره مرجع ۸ ساعته (۲۸۸۰۰ ثانیه) می‌باشد؛

$\overline{t_{\mathrm{d}}}$ دوره متوسط مواجهه روزانه می‌باشد.

یادآوری- فرض شده است که وابستگی به زمان برای محاسبه A(8)، برای دوره بیش‌تر از یک روز معتبر است.

ب-۳ روش کار زمانی‌که مواجهه با ارتعاش، در هر روز کاری رخ نمی‌دهد

مواجهه با ارتعاش ممکن است به صورت منظم رخ ندهد، مانند عملیات‌هایی که در یک روز رخ می‌دهد و در روزهای دیگر رخ نمی‌دهد (به عنوان مثال تمیزکردن کوپول‌ها در ریخته‌گری). در این موارد برای روزهایی که مواجهه با ارتعاش در آن وجود دارد، مواجهه روزانه با ارتعاش و تعداد روزهای کاری در هفته، در ماه یا در سال، که مواجهه با ارتعاش در آن رخ داده، بهتر است گزارش شود.

پیوست پ

(اطلاعاتی)

فیلترهای مکانیکی

پ-۱ کلیات

خطر شیفت Dc درشتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک، از طریق دقت در انتخاب شتاب‌سنج کاهش می‌یابد (به بند ۶-۱-۲ مراجعه شود). هرچند، زمانی‌که اندازه‌گیری بر روی ابزار موتوری کوبه‌ای یا کوبه‌ای غلتکی[1] انجام می‌شود، یا در مواردی که شک وجود دارد، اضافه کردن فیلتر مکانیکی بین ترانسدیوسر و منبع ارتعاش توصیه می‌شود. چنین فیلتری فرکانس بالای حاوی ناپایداری را کاهش داده و مانع اعمال اضافه بار مکانیکی به سیستم پیزوالکتریک می‌شود. فیلتر مکانیکی به عنوان یک فیلتر پایین-گذر[2] عمل کرده و فرکانس‌هایی که باعث شیفت DC می‌شوند را تقلیل می‌دهد، در حالیکه ارتعاش در گستره فرکانسی مورد نظر، تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد.

یادآوری- شیفت DC انحرافی است که در اثر جفت شدگی بار شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک ایجاد می‌شود. انواع دیگر شتاب‌سنج، مانند شتاب‌سنج‌های پیزو رزیستیو[3]، تحت تاثیر شیفت DC قرار نمی‌گیرند. بنابراین، استفاده از فیلترهای مکانیکی برای امتناع از شیفت DC ، تنها زمانی‌که شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک استفاده می‌شوند، لازم است.

فیلترهای مکانیکی همچنین می‌تواند برای کاهش تاثیر ارتعاشات فرکانس-بالای ناخواسته بر روی شتاب‌سنج مفید باشد. استفاده از این فیلترها مانع از پردازش اضافه بارهای ناشی از سیگنال‌های شتاب فرکانس بالا شده و امکان استفاده از شتاب‌سنج‌های حساس‌تر را فراهم می‌کند.

پ-۲ انتخاب

فیلتر مکانیکی باید برای شتاب‌سنج مناسب باشد. فرکانس قطع فیلتر مکانیکی تحت تاثیر جرم شتاب‌سنج می‌باشد. فیلترهای مکانیکی توسط برخی تولیدکنندگان ترانسدیوسر ساخته می‌شود، یا می‌تواند با استفاده از مواد انعطاف‌پذیر مناسب ساخته شود. برای ترانسدیوسرهای سبک(حدود دو گرم)، یک لایه نازک ساده از مواد انعطاف‌پذیر که زیر ترانسدیوسر مونتاژ می‌شود، احتمالاً کافی خواهد بود.

بهتر است فیلتر مکانیکی خصوصیات پاسخ فرکانسی سیستم اندازه‌گیری در گستره فرکانسی مورد نظر را تغییر ندهد، به عنوان مثال بهتر است سیگنال‌های ارتعاش زیر ۱۲۵۰ Hz را تقویت یا تضعیف کند، و جرم اضافی فیلتر مکانیکی خصوصیات سطح مرتعش را تغییر ندهد. اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای، با و بدون فیلتر مکانیکی بر روی

1- Roto percussive
2- Low-pass filter
3- Piezoresistive

ابزار موتوری که شیفت DC تولید نمی‌کند، می‌تواند برای دستیابی به پاسخ فرکانسی فیلتر مکانیکی استفاده شود.
سیستم مرکب از فیلتر مکانیکی و ترانسدیوسر باید تا حد امکان فشرده باشد تا اطمینان حاصل شود که مرکز ترانسدیوسر تا حد امکان نزدیک به سطح مرتعش است.
نصب سیستم ترانسدیوسر سه جهته بر روی یک فیلتر مکانیکی توصیه نمی‌شود.

پ-۳ استفاده بر روی محورهای عمود بر محور کوبشی

فیلتر مکانیکی عموماً فقط برای اجتناب از شیفت DC در اندازه‌گیری‌های شتاب در طول محور غالب ارتعاش، به عنوان مثال در طول محور کوبشی ابزار موتوری کوبه‌ای یا ضربه‌ای، موردنیاز است.
درجایی‌که شیفت DC مشکلی در طول محور مغلوب ابزار موتوری کوبه‌ای باشد، برای احتیاط بیشتر توصیه می‌شود فیلترهای مکانیکی نصب شود؛ در این موارد فیلترهای مکانیکی می‌تواند حساسیت عرضی ظاهری ارتعاش را با امکان پذیر نمودن حرکت دورانی اضافی شتاب‌سنج، افزایش دهد. بهتر است شتاب‌سنج به‌گونه‌ای اضافه شود که راستای با حداقل حساسیت عرضی آن با محور کوبشی منطبق شود تا تاثیر حرکت دورانی به حداقل برسد.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

راهنمای نصب شتاب‌سنج‌ها

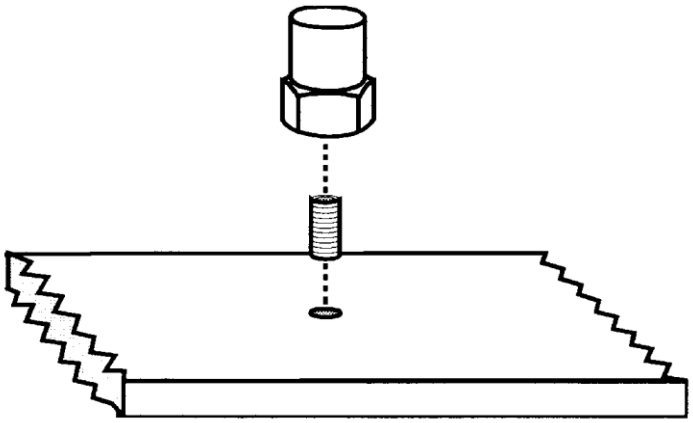
ت-۱ مقدمه

برای تثبیت شتاب‌سنج‌ها به سطح مرتعش، روش‌های نصب مختلفی ارائه شده است. در شکل‌های ت-۱ تا ت-۴ بعضی از روش‌های نصب به همراه نحوه استفاده و مزایا و معایب آن نشان داده شده است. این مثال‌ها به دلیل داشتن پاسخ فرکانسی یکنواخت در گستره فرکانسی موردنظر، انتخاب شده‌اند. برای راهنمایی بیشتر به استاندارد ملی شماره ۱۱۸۰۲ مراجعه شود.

ت-۲ روش‌های نصب

ت-۲-۱ نصب میله‌ای(پیچی)

یک سوراخ رزوه شده بر روی سطح مرتعش ایجاد می‌شود. شتاب‌سنج(ها) با استفاده از یک پیچ استاندارد، مستقیماً به سوراخ وصل می‌شود. برای جلوگیری از لق شدن میله در اثر لرزش، می‌توان از چسب نیز استفاده کرد.

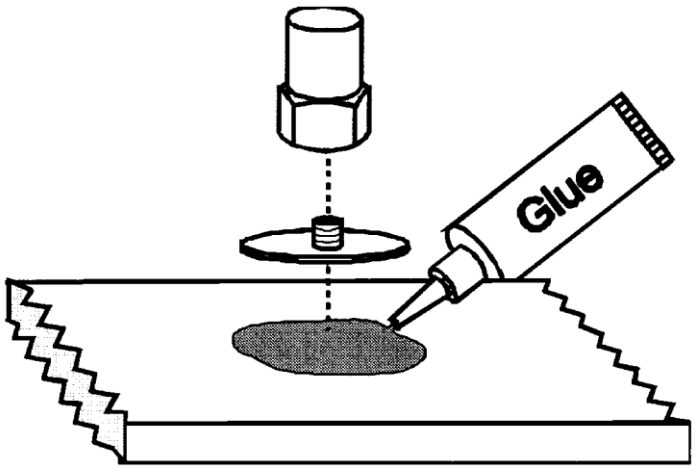


مزایا	معایب
پاسخ فرکانسی مناسب تحت تاثیر دمای سطح قرار نمی‌گیرد.	سطح تماس باید صاف باشد. بر روی ابزارهای دستی درجایی‌که قدرت تاثیر بر ایمنی پنوماتیکی یا الکتریکی ابزار موتوری را دارد، نمی‌توان استفاده کرد.

شکل ت-۱- نصب میله‌ای (پیچی)

ت-۲-۲ نصب با چسب یا سیمان

چسب یا سیمان از نوع رزین اپوکسی برای اتصال شتاب‌سنج بر سطح مرتعش به‌کار می‌رود. معمولاً میله‌های مونتاژی (یک بار مصرف) به کار می‌رود تا از استفاده مستقیم چسب بر روی شتاب‌سنج اجتناب شود. استفاده از چسب‌های با گیرش کم یا موم توصیه نمی‌شود زیرا اتصال این نوع چسب‌ها ضعیف است و غالباً نتیجه پاسخ فرکانسی آن ضعیف است.

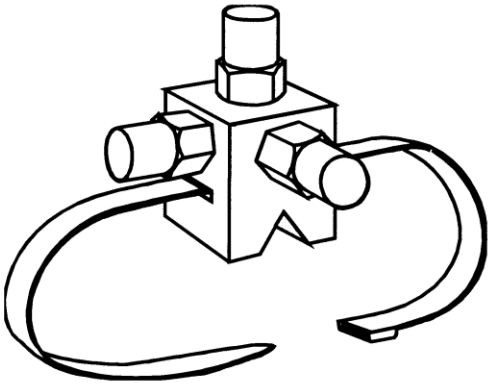


	مزایا	معایب
چسب	پاسخ فرکانسی مناسب	سطح تماس باید صاف و تمیز باشد.
سیمان/ رزین اپوکسی	پاسخ فرکانسی مناسب چسباندن بر روی سطوح ناهموار	سطح تماس باید تمیز باشد.

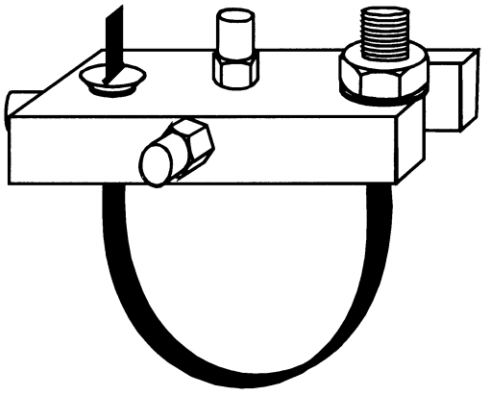
شکل ت-۲- نصب با چسب یا سیمان

ت-۲-۳ اتصالات مهاری

شتاب‌سنج‌ها به یک بلوک مونتاژی سبک بسته می‌شوند. بلوک بر روی سطح مرتعش با یک بند انعطاف‌پذیر بسته می‌شود. از بندهای فلزی یا نایلونی با موفقیت استفاده شده است. توصیه می‌شود کابل‌های نایلونی از نوعی باشد که محکم بسته شود (بست‌های کمربندی ضامن‌دار قابل استفاده مجدد مناسب نمی‌باشد). بهتر است توجه داشت و اطمینان حاصل کرد که فرکانس‌های رزونانس مجموعه مونتاژ شده به اندازه کافی از حد بالایی گستره فرکانسی اندازه‌گیری بزرگ‌تر باشد.



ب) با بند نایلونی یا گیره خرطومی فلزی



الف) اتصال فلزی U شکل (با بند فلزی)

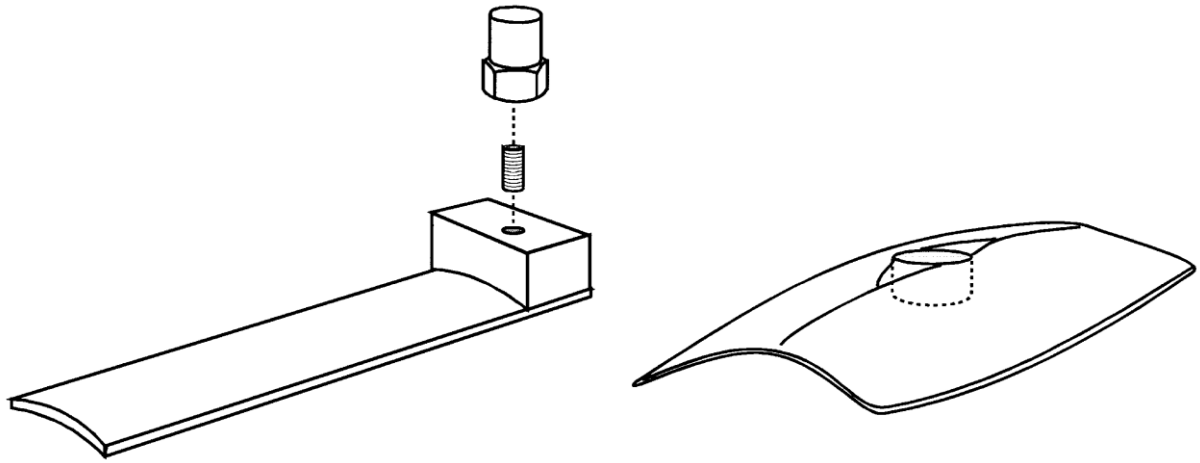
	مزایا	معایب
اتصال فلزی U شکل (با بند فلزی)	مناسب برای اندازه‌گیری‌های سه محوره	حجیم و گران
با بند نایلونی یا گیره خرطومی فلزی	نصب سریع مناسب برای اندازه‌گیری‌های سه محوره بدون لبه‌های تیز	عمده‌ترین محدودیت اندازه‌گیری بر روی دستگیره‌های ابزار موتوری است

شکل ت-۳- اتصالات مهاری

ت-۲-۴ آداپتورهای نگه داشته شده با دست

سیستم‌های نصبی ثابت ممکن است همیشه عملی نباشد، به‌خصوص زمانی‌که اپراتور سطح پوشیده شده با مواد انعطاف‌پذیر را نگه می‌دارد. معمولا نیروی چنگش اپراتور برای نگه داشتن سیستم نصبی کافی است با این حال غالباً توصیه می‌شود که آداپتور با استفاده از نوار چسب ارتجاعی در موقعیت خود بر روی سطح مرتعش بسته شود.

برای سطوح دشوار، آداپتورهای قالب‌ریزی شده اختصاصی می تواند مناسب باشد. از مواد قالب‌ریزی شده برای سوار کردن صفحه بیضوی شکل استفاده می‌شود. سطح زیرین صفحه به شکل سطح کار قالب‌ریزی شده و کف دست بر روی سطح بالایی صفحه قرار می‌گیرد به‌گونه‌ای که فاصله‌ای برای شتاب‌سنج باقی بماند. با یک مرتبه سفت کردن، شتاب‌سنج می‌تواند به آداپتور اضافه شده و سپس به راحتی بین سطح کار و دست، قرارگیرد.



ب) آداپتور قالبی که با دست نگه داشته می‌شود **الف) آداپتور ساده که با دست نگه‌داشته می‌شود**

	مزایا	معایب
آداپتور ساده که با دست نگه‌داشته می‌شود	در مواردی که اتصال ثابت امکان‌پذیر نیست، به عنوان مثال بر روی مواد نرم یا انعطاف پذیر، می‌تواند به کار رود.	فقط در صورتی‌که دستگیرها موقعیت ثابتی داشته باشند و در جایی‌که دستگیره همواره نگه داشته شود مناسب است پاسخ فرکانسی به جنس سطح بستگی دارد. وجود آداپتور ممکن است عملکرد ابزار موتوری و در نتیجه دامنه ارتعاش را تغییر دهد. اتصالات اضافی (مثلا چسب) اندازه‌گیری ارتعاشات عرضی را ضروری می‌کند.
آداپتورهای قالبی اختصاصی	در مواردی که اتصال ثابت امکان‌پذیر نیست، به عنوان مثال بر روی مواد نرم یا انعطاف پذیر، می‌تواند به کار رود. آداپتور تاثیر کمی بر روی عملکرد ابزار موتوری دارد. پاسخ فرکانسی نسبتا خوب	آماده سازی آداپتور کار پر زحمتی است و فرآیند زمان بری دارد. استفاده از آن برای اندازه‌گیری‌های سه محوره دشوار است.

شکل ت-۴- آداپتورهای نگه داشته شده با دست

پیوست ث

(اطلاعاتی)

مثال‌هایی از محاسبه مواجهه روزانه با ارتعاش

ث-۱ مقدمه

این پیوست از ساماندهی و محاسبه مقدار کل انرژی معادل ارتعاش ۸ ساعته (مواجهه روزانه با ارتعاش)، A(8)، برطبق بند ۸، مثال‌هایی ارائه می‌دهد. مثال‌ها با فرآیندهای اندازه‌گیری مشخص شده در بند ۵-۳ مرتبط است.
در تمام مثال‌های کاری ارائه شده در این پیوست:

- دامنه شتاب‌ها، مقادیر کل ارتعاش میانگین‌گیری شده فرض شده است؛
- تنها یک شکل مواجهه با ارتعاش محاسبه شده است، معمولاً ارزیابی‌های جداگانه برای دستگیرهای راست و چپ مورد نیاز است؛
- اختلافات کوچکی در دامنه ارتعاش در دوره مواجهه دیده شده است، معمولا اختلافات بزرگ‌تر عادی بوده و میانگین‌گیری از نمونه‌های اندازه‌گیری شده ارتعاش مورد نیاز خواهد بود.

ث-۲ مثال‌های استفاده از ابزار موتوری تکی

ث-۲-۱ اندازه‌گیری طولانی مدت حین عملیات پیوسته ابزار

این ساده‌ترین موقعیت اندازه‌گیری است: ابزار موتوری برای دوره‌های طولانی به طور پیوسته کار می‌کند و دست، همواره در تماس با ابزار موتوری یا قطعه کار نگه داشته شده با دست، در طول استفاده می‌باشد. مثال‌هایی از این نوع عملیات مسطح کردن یک سطح بزرگ با استفاده از تمپر صفحه‌ای[1]، صیقل دادن کف زمین و راندن ماشین چمن‌زنی می‌باشد.
در این مورد:

- اندازه‌گیری دامنه ارتعاش می‌تواند در دوره‌های طولانی انجام شود که مقادیر معرف خوبی خواهد داد؛
- زمان مواجهه زمانی است که از ابزار موتوری استفاده می‌شود.

ث-۲-۱-۱ مزایا

دامنه ارتعاش می‌تواند به راحتی برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش برای سایر موقعیت‌هایی‌که زمان‌های مواجهه می‌تواند متفاوت باشد، اعمال شود.

1- Vibrating plate tamper

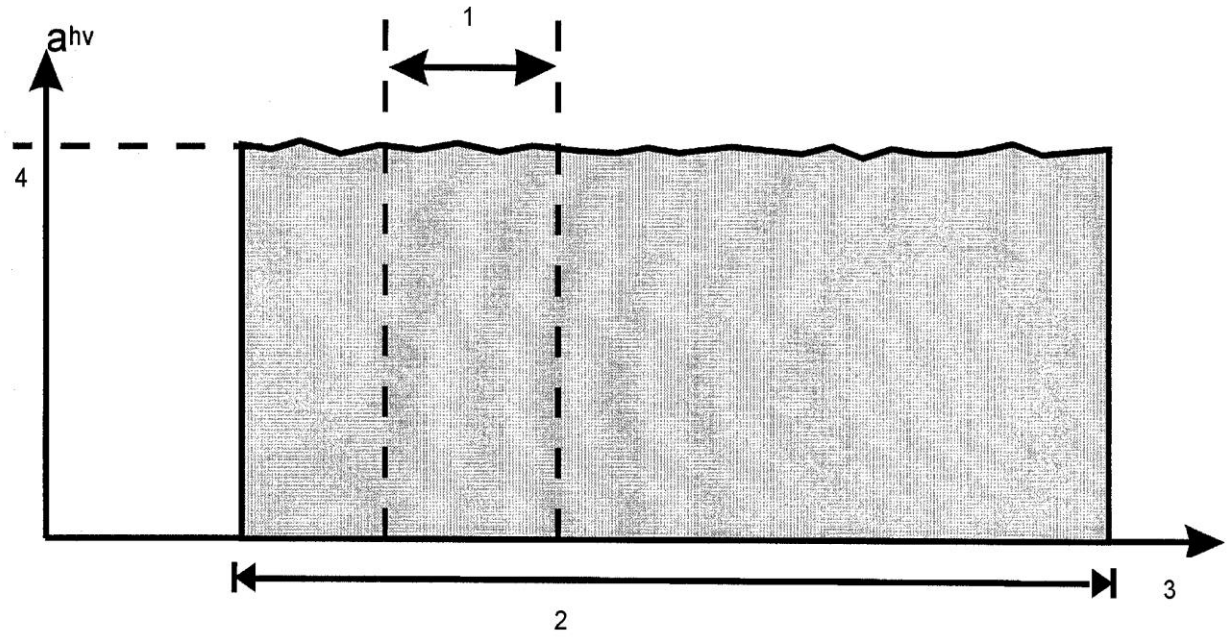
ث-۲-۱-۲ معایب

معایب واقعی برای این نوع اندازه‌گیری وجود ندارد، اما، در عمل موارد زیادی وجود ندارد که این نوع اندازه‌گیری در آن ممکن باشد.

مثال: در طی یک روز کاری، یک غلطک ارتعاشی در کل برای دو ساعت و نیم استفاده می‌شود، ابزارهای مرتعش دیگری استفاده نمی‌شود. الگوی مواجهه با ارتعاش شبیه آنچه در شکل ث-۱ نشان داده شده است، می‌باشد. میانگین حسابی سه اندازه‌گیری ارتعاش بر روی دستگیره‌های ابزار موتوری مقدار کل ارتعاش، a_{hv}، را $7{,}4\ m/s^2$ نشان می‌دهد.

مواجهه روزانه با ارتعاش، A(8)، که در معادله (۱) داده شده است برای یک مواجهه به این صورت می‌باشد:

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} = 7.4\sqrt{\frac{2.5}{8}} = 4.1 m/s^2 \qquad \text{(ث-۱)}$$



راهنما

۱ دوره اندازه‌گیری
۲ زمان عملیات (= زمان مواجهه)
۳ زمان
۴ $a_{hv,measured}$

شکل ث-۱- اندازه‌گیری طولانی مدت در مواجهه پیوسته

ث-۲-۲ اندازه‌گیری طولانی مدت حین عملیات متناوب ابزار

برای بیشتر ابزارهای موتوری، دست همواره در تماس با ابزار موتوری یا قطعه‌کار نگه داشته شده با دست حین استفاده می‌باشد، اما ابزار موتوری به طور پیوسته کار نمی‌کند و توقف‌های کوتاهی در عملیات حین استفاده از ابزار وجود دارد. مثال‌هایی از این نوع عملیات شامل استفاده از سنگ‌های سمباده، اره‌های زنجیری و چکش‌های براده بردار می‌باشد.

اگر ابزار موتوری برای بیشتر از یک دوره عملیات، مورد استفاده قرارگیرد، یک گزینه وجود دارد:

- انجام اندازه‌گیری طولانی مدت دامنه ارتعاش بر روی یک دوره استفاده نمونه،
- زمان مواجهه که زمان استفاده از ابزار موتوری در یک روز کاری می‌باشد.

ث-۲-۲-۱ مزایا

دامنه ارتعاش بیانگر کار واقعی است، شامل دوره‌هایی که سرعت عملکرد ماشین در حال افزایش است یا به حالت بی‌باری برمی‌گردد یا خاموش است (دوره‌هایی که ممکن است در سایر روش‌ها در نظر گرفته نشود).

ث-۲-۲-۲ معایب

مقدار دامنه ارتعاش به دست آمده در این روش به نسبت زمانی که ابزار موتوری در دست اپراتور کار می‌کند، بستگی دارد. در نتیجه، اطلاعات دامنه ارتعاش به سایر موقعیت‌هایی که همان ابزار موتوری مورد استفاده قرار می‌گیرد، به راحتی قابل انتقال نیست.

اندازه‌گیری می‌تواند شامل شوک‌هایی باشد که قسمتی از مواجهه با ارتعاش نیستند (مانند انداختن ابزار موتوری بر روی میزکار).

مثال: از دستگاه سنگ سمباده برای سمباده زدن صفحات دایره‌ای ریخته‌گری شده استفاده می‌شود. ثبت کار نشان داده است که به طور متوسط بر روی ۱۰۰ قطعه ریخته گری شده در هر روز کار می‌شود. برای هر ریخته‌گری اپراتور باید دور قطعه را سنگ زده و سپس بر روی سطوح بالایی و پایینی آن کار کند. الگوی مواجهه با ارتعاش شبیه آنچه در شکل ث-۲ نشان داده شده است، می‌باشد. میانگین ارتعاش اندازه‌گیری شده در یک چرخه برابر با $3/6\ m/s^2$ می‌باشد.

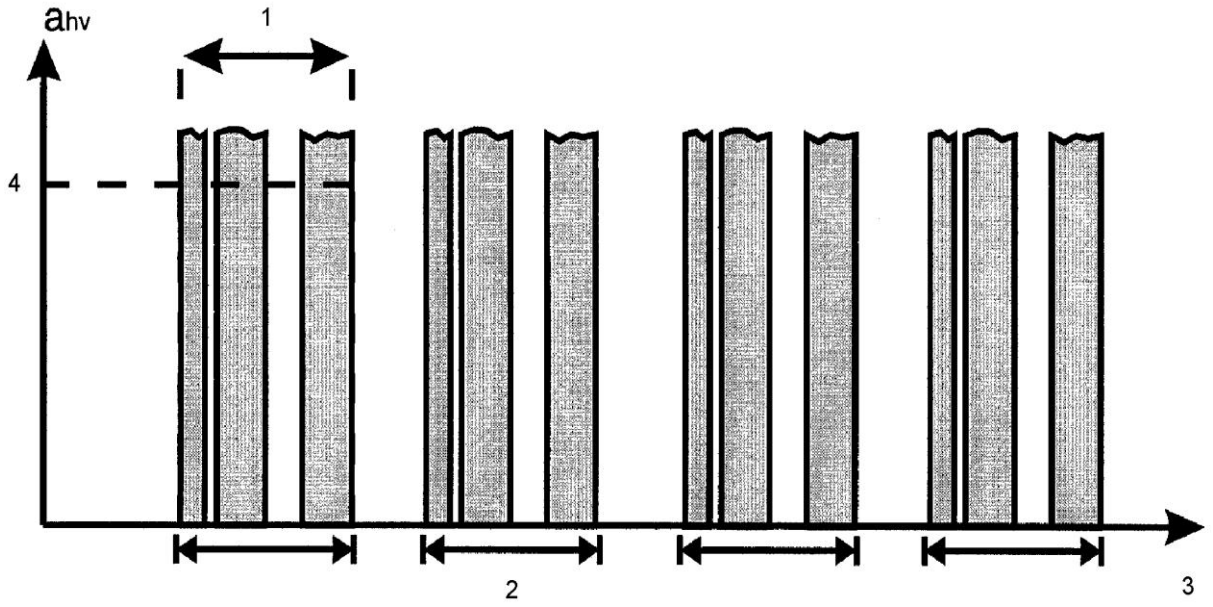
دو دقیقه طول می‌کشد تا هر چرخه کامل شود. برای سرعت ۱۰۰ قطعه در روز، زمان کل مواجهه روزانه ۲۰۰ دقیقه یعنی سه ساعت و ۲۰ دقیقه (۳/۳۳ ساعت) خواهد بود.

مواجهه روزانه با ارتعاش، A(8)، که در معادله (۱) داده شده است برای یک مواجهه به این صورت می‌باشد:

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} = 3.6\sqrt{\frac{3.33}{8}} = 2.3 m/s^2 \qquad \text{(ث-۲)}$$

یادآوری۱- برای ابزارهای موتوری مانند سنگ سمباده‌های دستی، احتمالاً دامنه ارتعاش در موقعیت‌های دست راست و چپ متفاوت خواهد بود، دوره‌های مواجهه دو دست نیز می‌تواند متفاوت باشد. در این موارد لازم است، ارزیابی‌های مواجهه با ارتعاش برای هر دست انجام شود.

یادآوری۲- بند ث-۱-۳ فرآیند آنالیز دیگری برای همین پروسه کار را نشان می‌دهد.



راهنما:

۱ دوره اندازه‌گیری
۲ زمان عملیات (= زمان مواجهه)
۳ زمان
۴ $a_{hv,measured}$

شکل ث-۲- اندازه‌گیری طولانی مدت حین مواجهه متناوب

ث-۲-۳ اندازه‌گیری کوتاه مدت حین عملیات متناوب ابزار

برای بیشتر ابزارهای موتوری، دست همواره در تماس با ابزار موتوری یا قطعه‌کار نگه داشته شده با دست حین استفاده می‌باشد، اما ابزار موتوری به طور پیوسته کار نمی‌کند(توقف‌های طولانی در عملیات) یا دست ابزار موتوری را در هنگام کار رها می‌کند. مثال‌هایی از این نوع عملیات شامل استفاده از سنگ سمباده‌های دستی، سنگ سمباده‌های ستونی، اره‌های زنجیری، اره‌های برسی و چکش‌های براده بردار می‌باشد.

در این موارد:

- اندازه‌گیری کوتاه مدت ارتعاش در یک دوره عملیات پیوسته انجام می‌شود. ممکن است کار بدون اختلال شبیه‌سازی شود (به عنوان مثال استفاده از ضایعات برای سنگ‌زن‌های ستونی)؛
- زمان مواجهه که زمان استفاده از ابزار موتوری در یک روز کاری می‌باشد.

ث-۲-۳-۱ مزایا

دامنه ارتعاش می‌تواند به راحتی برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش برای سایر موقعیت‌هایی‌که زمان‌های مواجهه می‌تواند متفاوت باشد، اعمال شود.

ث-۲-۳-۲ معایب

ارزیابی ارتعاشات شامل دوره‌های زمانی که سرعت ماشین تا سرعت کاری بالا می‌رود و یا تا حالت بی‌باری پایین می‌آید یا خاموش می‌شود، نمی‌باشد. اگر زمان‌های راه اندازی و از کار انداختن قابل مقایسه با زمان صرف شده در سرعت کاری باشند در نتیجه این روش ممکن است کل مواجهه با ارتعاش را به درستی ارزیابی نکند.

مثال: از دستگاه سنگ سمباده برای سمباده زدن صفحات دایره‌ای ریخته‌گری شده استفاده می‌شود. ثبت کار نشان داده است که به طور متوسط بر روی ۱۰۰ قطعه ریخته‌گری شده در هر روز کار می‌شود. برای هر ریخته‌گری اپراتور باید دور قطعه را سنگ زده و سپس بر روی سطوح بالایی و پایینی آن کار کند. الگوی مواجهه با ارتعاش شبیه آنچه در شکل ث-۳ نشان داده شده است، می-باشد.

هر سیکل از سه مرحله کاری تشکیل شده است:

- ۲۰ ثانیه برای سنگ زنی دور قطعه،
- ۴۰ ثانیه برای سنگ‌زنی روی قطعه، سپس قطعه برگردانده شده و
- ۴۰ ثانیه برای سنگ‌زنی زیر قطعه.

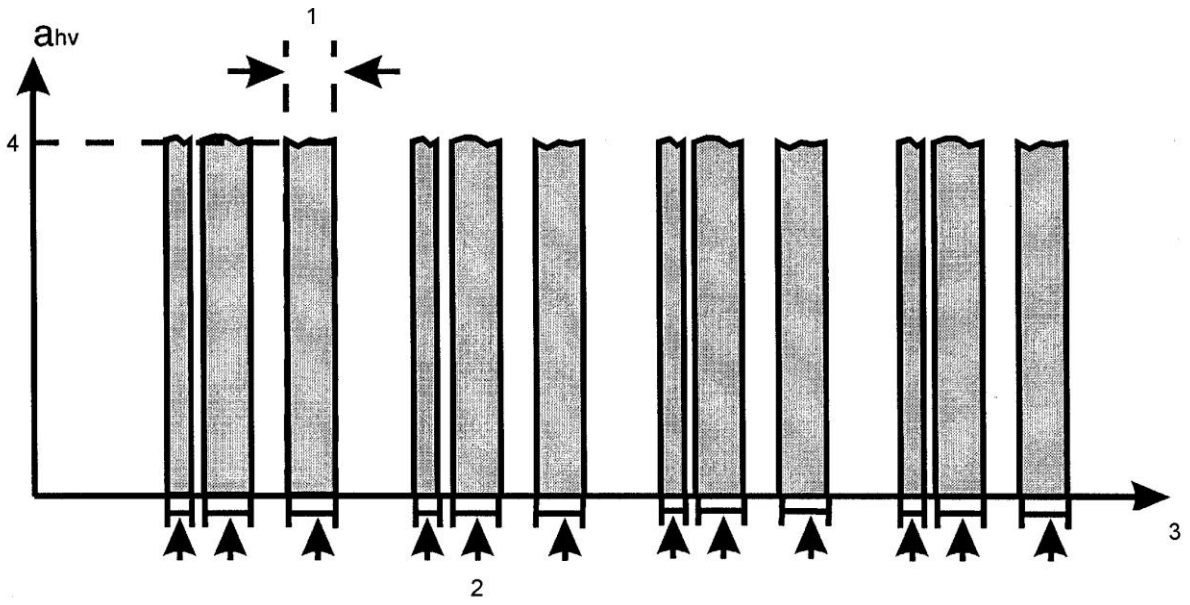
در نتیجه دستگاه در کل ۱۰۰ ثانیه در هر چرخه کاری عملیات انجام می‌دهد (یعنی ابزار موتوری برای یک چرخه کاری دو دقیقه-ای به مدت یک دقیقه و ۴۰ ثانیه عملیات انجام می‌دهد). با سرعت کاری ۱۰۰ قطعه در روز، کل زمان مواجهه روزانه ۱۶۷ دقیقه یعنی ۲ ساعت و ۴۷ دقیقه (۲٫۷۸ ساعت) خواهد بود.

با انجام اندازه‌گیری بر روی کار شبیه سازی شده با استفاده از سنگ‌زنی پیوسته بر روی ضایعات ریخته‌گری، دامنه ارتعاش در طول سنگ‌زنی $3,9\ m/s^2$ برآورد شده است.

مواجهه روزانه با ارتعاش، A(8)، که در معادله (۱) داده شده است برای یک مواجهه به این صورت می‌باشد:

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} = 3.9\sqrt{\frac{2.78}{8}} = 2.3 m/s^2 \qquad \text{(ث-۳)}$$

یادآوری- بند ث-۱-۲ فرآیند آنالیز دیگری برای همین پروسه کار را نشان می‌دهد.



راهنما

۱ دوره اندازه‌گیری

۲ زمان عملیات (= زمان مواجهه)

۳ زمان

۴ $a_{hv,measured}$

شکل ث-۳- اندازه‌گیری کوتاه مدت حین مواجهه متناوب

ث-۲-۴ اندازه‌گیری مدت ثابت برای ضربه‌های تکی یا پی‌درپی در عملیات ابزار

برای برخی از ابزار موتوری، ابزار موتوری ضربه‌های تکی یا پی‌درپی ارتعاشی را تولید می‌کند؛ ضربه‌ها نامرتب بوده و زمان توقف بین آن‌ها طولانی است. مثال‌هایی از این نوع عملیات شامل استفاده از میخ‌کوب‌ها یا پرچ‌های بادی می‌باشد.

در این مورد:

- اندازه‌گیری برای میانگین دامنه ارتعاش بر روی دوره ثابت که شامل تعداد معینی از ضربات می‌باشد (ممکن است یک ضربه یا بیشتر باشد) انجام می‌شود؛
- زمان مواجهه دوره اندازه‌گیری ضرب در تعداد ضربات در روز، تقسیم بر تعداد ضربات در دوره اندازه-گیری می‌باشد.

ث-۲-۴-۱ مزایا

دامنه ارتعاش می‌تواند به راحتی برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش برای سایر موقعیت‌ها اعمال شود. (مشروط بر این‌که دوره اندازه‌گیری ثبت شود).

ث-۲-۴-۲ معایب

هنوز روشن نیست که این روش (براساس استاندارد ملی ۱-۱۹۱۷۷) برای اندازه‌گیری شوک ارتعاشی مناسب باشد.

مثال: از یک آچار مهره سفت کن برای بستن مهره‌های چرخ ماشین استفاده می‌شود. هر ماشین۲۰ مهره دارد. اپراتور به طور معمول از آچار برای بستن پنج مهره استفاده کرده و سپس آن را بر زمین می‌گذارد تا زمانی که موقعیت چرخ تغییر کند و به چرخ بعدی برسد. ثبت کار نشان داده است که به طور متوسط ۵۰ ماشین در روز کامل می‌شود یعنی ۱۰۰۰ مهره بسته می‌شود.

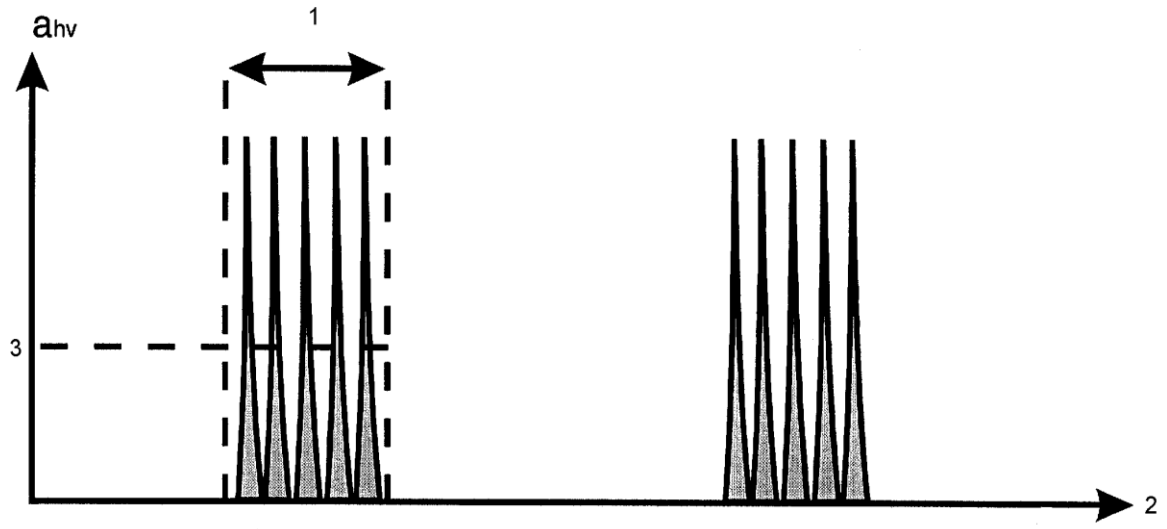
اندازه‌گیری دامنه ارتعاش را فقط می‌توان بر روی زمان صرف شده برای بستن پنج مهره چرخ انجام داد. در این مورد آچار مهره سفت کن برای حداقل ۲۰ ثانیه توسط اپراتور نگه داشته می‌شود، بنابراین اندازه‌گیری مدت ثابت ۲۰ ثانیه‌ای برای اندازه‌گیری بستن ۵ مهره چرخ انجام می‌شود که در شکل ث-۴ مشاهده می‌شود. میانگین دامنه ارتعاش برای دوره بیست ثانیه‌ای m/s^2 ۱۴٫۶می‌باشد. حداقل چهار اندازه‌گیری لازم است تا اطمینان حاصل شود زمان کل میانگین‌گیری بیشتر از ۶۰ ثانیه است. زمان کل مواجهه روزانه برابر است با:

$$T = \frac{numberofnutsperday}{numberofnut\,\sin\, measurementperiod} \times measurementduration \qquad (ث-۴)$$

$$= \frac{1000}{5} \times 20s = 4000s$$

زمان کل مواجهه روزانه ۴۰۰۰ ثانیه است یعنی ۱ ساعت و ۶٫۷ دقیقه (۱٫۱ ساعت) و دامنه ارتعاش، a_{hv} برابر m/s^2 ۱۴٫۶می‌باشد، بنابراین، مواجهه روزانه با ارتعاش، A(8)، به این صورت است:

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} \qquad = 14.6\sqrt{\frac{1.1}{8}} = 5.4m/s^2 \qquad (ث-۵)$$



راهنما:

زمان مواجهه= دوره اندازه‌گیری شده ضرب در تعداد ضربات در روز تقسیم بر تعداد ضربات در دوره اندازه‌گیری

۱ دوره اندازه‌گیری

۲ زمان

۳ $a_{hv,measured}$

شکل ث-۴- اندازه‌گیری مدت ثابت ضربات تکی یا پی‌درپی در عملیات ابزار

ث-۳ مثال‌هایی از ارزیابی ارتعاش زمانی‌که بیش از یک ابزار موتوری به کار می‌رود

درجایی‌که بیش از یک ابزار موتوری یا فرآیند در مواجهه روزانه با ارتعاش شرکت دارند، بهتر است از روش‌های مناسب اشاره شده در بند ث-۱ برای تعیین مواجهه جزئی اختصاصی با ارتعاش برای هر فرآیند یا ابزار موتوری استفاده شود.

عموماً در اکثر کارها این موقعیت‌ها یافت می‌شود:

- بیشتر از یک ابزار موتوری مرتعش استفاده شود، یا
- ابزار موتوری بیش از یک حالت عملیات داشته باشد که هرکدام اپراتور را با دامنه ارتعاش متفاوت مواجه کند.

در جایی‌که بیش از یک ابزار موتوری، فرآیند یا حالت عملیات درگیر است عموماً از روش‌های ارزیابی اصلی که در بند ث-۱ داده شده است، استفاده می‌شود.

مثال: در این مثال، مواجهه روزانه با ارتعاش از تعریف سه وظیفه جداگانه حاصل می‌شود. در محاسبه کل مواجهه روزانه با ارتعاش هر سه وظیفه به طور جداگانه آنالیز می‌شوند تا مواجهه با ارتعاش جزئی محاسبه شود. در این مورد استفاده از روش‌های متفاوت برای ارزیابی هر وظیفه مناسب است.

یک کارگر جنگلداری اولین قسمت از روز کاری را با استفاده از اره برسی، صرف هرس درختان در جنگل می‌کند که در این جا اپراتور به طور پیوسته ۲ ساعت کار می‌کند. قسمت دوم روز صرف استفاده از اره زنجیری می‌کند، در اینجا درختان در ابتدا قطع شده و سپس کنده‌ها خرد می‌شود؛ ۳۰ درخت در روز قطع و خرد می‌شود.

الگوی مواجهه با ارتعاش در شکل ث-۵ نشان داده شده است. ارزیابی مواجهه روزانه با ارتعاش با تقسیم روز به سه وظیفه قابل دستیابی است: عملیات اره برسی، قطع و خرد شدن.

برای عملیات اره برسی، کار به طور پیوسته ۲ ساعت انجام می‌شود. اندازه‌گیری دامنه ارتعاش بر روی چندین دوره نمونه استفاده، میانگین ۴٫۶ m/s^2 را می‌دهد. مواجهه جزئی با ارتعاش، $A_{brushsaw}(8)$، با استفاده از معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$A_i(8) = a_{hvi}\sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \qquad \text{(ث-۶)}$$

$$A_{brushsaw}(8) = 4.6\sqrt{\frac{2}{8}} = 2.3 m/s^2$$

از اره زنجیری برای قطع درخت استفاده می‌شود، هر درخت به طور میانگین ۲ دقیقه زمان می‌برد، یعنی برای ۳۰ درخت یک ساعت زمان صرف می‌شود. میانگین دامنه ارتعاش اندازه‌گیری شده در طول قطع درختان برابر با ۶ m/s^2 می‌باشد. همان‌طور که برای اره برسی عمل شد، مواجهه جزئی با ارتعاش، $A_{felling}(8)$، از معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$A_{felling}(8) = 6.0\sqrt{\frac{1}{8}} = 2.1 m/s^2 \qquad \text{(ث-۷)}$$

خرد کردن شاخه‌های هر درخت بریده شده به طور متوسط ۴ دقیقه زمان می‌برد یعنی ۲ ساعت برای ۳۰ درخت. مقدار ارتعاش حین بریدن کردن شاخه‌ها کم و زیاد می‌شود، بنابراین میانگین طولانی مدت گرفته می‌شود که بیانگر مدت این عملیات باشد.

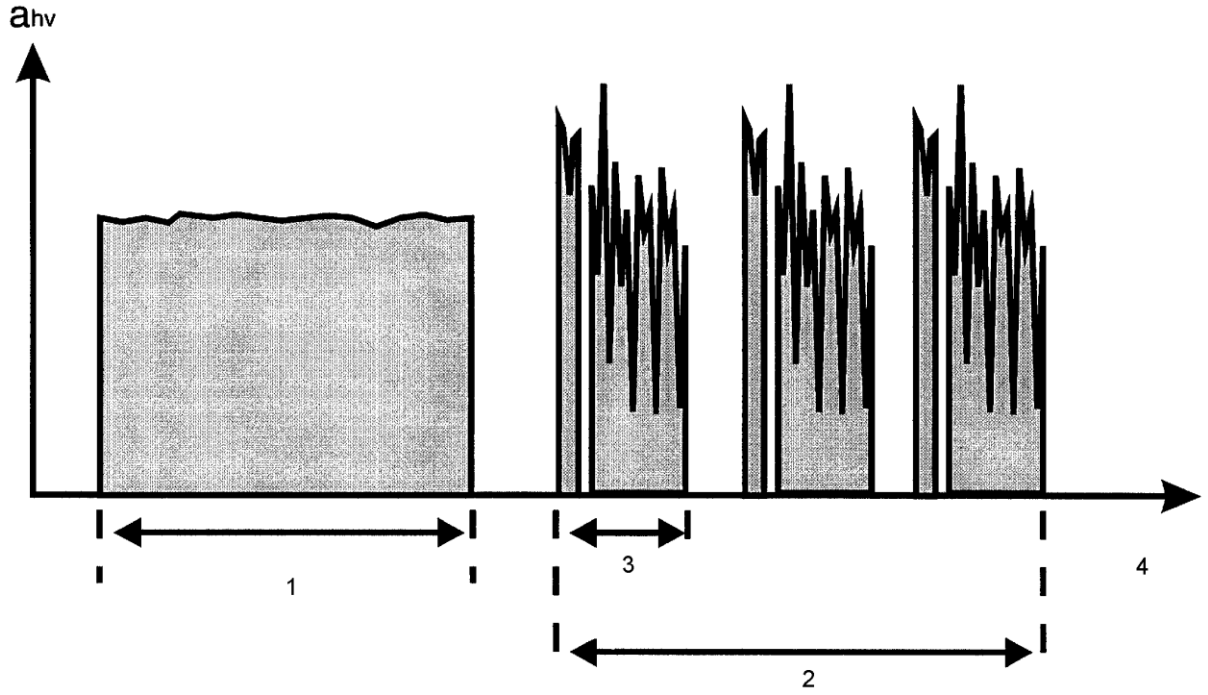
میانگین دامنه ارتعاش اندازه‌گیری شده در طول دوره برابر با m/s^2 ۳٫۶ می‌باشد. مواجهه جزئی با ارتعاش، $A_{stripping}(8)$، از معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$A_{stripping}(8) = 3.6\sqrt{\frac{2}{8}} = 1.8m/s^2 \qquad \text{(ث-۸)}$$

مواجهه‌های جزئی با ارتعاش از سه شرکت کننده در مواجهه روزانه با ارتعاش با استفاده از معادله (۳) ترکیب شده و مقدار کل انرژی ارتعاشی معادل ۸ ساعت را می‌دهند،A(8) ، (مواجهه روزانه با ارتعاش):

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i^2(8)} = \sqrt{A_{brushsaw}^2(8) + A_{felling}^2(8) + A_{stripping}^2(8)} \qquad \text{(ث-۹)}$$

$$= \sqrt{2.3^2 + 2.1^2 + 1.8^2} = 3.6m/s^2$$



راهنما:

۱ ابزار ۱
۲ ابزار ۲
۳ سیکل کار
۴ زمان

شکل ث-۵- اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش بیش از یک ابزار موتوری

پیوست ج

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] ISO 5348, Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers.

[2] ISO 7505, Forestry machinery – Chain saws – Measurement of hand-transmitted vibration.

[3] ISO 7916, Forestry machinery – Portable brush-saws – Measurement of hand-transmitted vibration.

[4] EN 1033, Hand-arm vibration – Laboratory measurement of vibration at the grip surface of hand-guided machinery – General.

[5] DIN 45671-3, Messung mechanischer Schwingungen am Arbeitsplatz – Teil 3: Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung) des Schwingungsmessers – Erstprüfung, Nachprüfung, Zwischenprüfung, Prüfung am Einsatzort. (Measurement of occupational vibration immissions – Part 3: Test (calibration and assessment) of the vibration meter – Primary test, verification, intermediate test, check in situ).

[6] Health and Safety Executive HS(G)88: Hand-Arm Vibration. Published: HSE Books, Sudbury, Suffolk, United Kingdom, 1994

[7] Kaulbars, U.: Vibration am Arbeitsplatz; Grundlagen, Messerfahrungen und praktische Hinweise für den Arbeitsschutz. Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1994